



Liikenne- ja
viestintäministeriö

Nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuus- vaikutukset

Liikenne- ja viestintäministeriön

visio

Hyvinvointia ja kilpailukykyä hyvillä yhteyksillä

toiminta-ajatus

Liikenne- ja viestintäministeriö edistää väestön hyvinvointia ja elinkeinoelämän kilpailukykyä. Huolehdimme toimivista, turvallisista ja edullisista yhteyksistä.

arvot

Rohkeus

Oikeudenmukaisuus

Yhteistyö



Liikenne- ja viestintäministeriö

Julkaisun päivämäärä
13.2.2012

Julkaisun nimi

Nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutukset

Tekijät

Mikko Malmivuo, Innomikko Oy

Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä

Liikenne- ja viestintäministeriö
NASTA-tutkimusohjelma

Julkaisusarjan nimi ja numero

Liikenne- ja viestintäministeriön
julkaisu 4/2012

ISSN (verkkojulkaisu) 1795-4045
ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-288-9
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-288-9>
HARE-numero

Asiasanat

Kitkarenkaat, liikenneturvallisuus, nastarenkaat, talvirenkaat

Yhteyshenkilö

Jussi Salminen

Muut tiedot

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida Helsingin kantakaupungin alueella tapahtuvan nastarenkaiden vähentämisen vaikutuksia liikenneturvallisuuteen.

Tutkimuksessa tehtyjen laskelmien mukaan kantakaupungin kitkarengasosuuden kaksinkertaistaminen (24 % -> 48 %) lisää talvirengaskauden tilastoituja henkilövahinkoon johtaneita onnettomuuksia alle 10 kpl koko maassa (lähtötaso 2200 kpl), jos kitkarenkaita siirtyvät käyttämään vain ne, joilla on välitön tarve asioida kantakaupungissa. Mikäli nastarenkaiden vähentämiseen liittyisi samanlainen koko maata koskettava asennemuutos kuin Norjassa, tilastoidut hvj-onnettomuudet voivat lisääntyä jopa 70-80 kappaleella. Tehdyt laskelmat ovat karkeita arvioita, sillä kitkarenkaiden lisääntynyt käyttö sisältää monia erilaisia seurannaisvaikutuksia, joiden suuruusluokkaa ei tarkkaan tunneta. Eräiden tutkimusten mukaan onnettomuusvaikutukset voisivat olla jopa moninkertaisia edellä esitettyihin arvioihin nähden.

Koska tuoreen VTT:n tutkimuksen mukaan jopa 17 % kitkarenkaiden käyttäjistä ajaa huonosti pohjoismaisiin olosuhteisiin sopivilla ns. keskieurooppalaisilla renkailla, on tutkimuksessa esitetty, että mahdollisten nastarenkaiden rajoittamistoimien yhteydessä kiinnitettäisiin huomiota myös kitkarenkaiden tyyppiin. Tämä voisi tapahtua esim. siten, että mahdollisesta nastarengasmaksusta vapautettaisiin vain pohjoismaisilla kitkarenkailla ajavat.

Publicationsdatum
13.2.2012

Publikation
Hur minskningen av dubbdäck påverkar trafiksäkerheten

Författare
Mikko Malmivuo, Innomikko Oy

Tillsatt av och datum
Kommunikationsministeriet
DUBB forskningsprogram

Publikationsseriens namn och nummer

Kommunikationsministeriets
publikationer 4/2012

ISSN (webbpublikation) 1795-4045
ISBN (webbpublikation) 978-952-243-288-9
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-288-9>
HARE-nummer

Ämnesord
Trafiksäkerhet, friktionsdäck, dubbdäck, vinterdäck

Kontaktperson
Jussi Salminen

Rapportens språk
Finska

Övriga uppgifter

Sammandrag

Syftet med denna undersökning var att estimerar på vilket sätt minskningen av andelen dubbdäck i Helsingfors stads kärna påverkar trafiksäkerheten.

Studiens kalkyleringar visar att fördubblandet (24 % -> 48 %) av användning av friktionsdäck i stadskärnan under vinterdäcksäsongen ökar mängden statistikförda personskador med under 10 st i hela landet (utgångsnivån 2200 st), om endast de som har omedelbart behov att uträtta ärenden i stadskärnan börjar använda friktionsdäck. Om de riksomfattande attityderna gällande byte från dubbdäck till friktionsdäck skulle följa samma mönster som i Norge, skulle antalet statistikförda trafikolyckor med personskada kunna öka med t.o.m. 70–80 stycken. Kalkyleringarna är grova uppskattningar p.g.a. av att ökat bruk av friktionsdäck för med sig flera följdverkningar vars storlek man inte exakt känner till. Enligt vissa undersökningar kan fenomenets inverkan på antalet olyckor vara många gånger större än de ovan presenterade uppskattningarna.

Eftersom VTT:s nya undersökning visar att t.o.m. 17 % av de som kör med friktionsdäck har s.k. mellaneuropeiska däck som lämpar sig dåligt till nordiska väderleksförhållanden, föreslås det i undersökningen att man vid eventuella åtgärder kring begränsning av dubbdäck skulle fästa uppmärksamhet också vid friktionsdäckens typ. Ett förslag är att t.ex. enbart de som kör med nordiska friktionsdäck skulle slippa dubbdäcksavgiften.

Date
13 February 2012

Title of publication
Safety effects of a decreased use of studded tyres

Author(s)
Mikko Malmivuo, Innomikko Oy

Commissioned by, date
Ministry of Transport and Communications
STUD research programme

Publication series and number

Publications of the Ministry of
Transport and Communications
4/2012

ISSN (online) 1795-4045
ISBN (online) 978-952-243-288-9
URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-288-9>
Reference number

Keywords
Road safety, friction tyres, studded tyres, winter tyres

Contact person
Jussi Salminen

Language of the report
Finnish

Other information

Abstract

The aim of this study was to estimate the road safety effects of a decreased use of studded tyres in the inner city of Helsinki.

According to the calculations made in the study, if the share of friction tyres in the inner city was doubled (from 24% to 48%), the number of statistical personal injury accidents would increase by less than 10 cases in the whole country, if only those who have an immediate need to visit the Helsinki inner city changed their studded tyres to friction tyres. If the decreased use of studded tyres included a similar national attitude change as in Norway, the statistical personal injury accidents would increase by up to 70 to 80 cases. The calculations made in the study are only estimates, because an increased use of friction tyres includes many consequences that are not accurately known. According to some studies, the effects on personal injury accidents could even be several times greater compared to the numbers presented above.

According to a recent VTT study, up to 17% of friction-tyre users drive with tyres that are designed for Central European conditions and that fit poorly to Nordic road conditions. Therefore, the study emphasises the fact that if there is a need to reduce the number of studded tyres in the inner city of Helsinki, serious consideration should be given to granting only those drivers an exemption from the possible studded tyre fee who use Nordic friction tyres.

Sisällysluettelo

1.	Tausta	2
2.	Tavoite	3
3.	Talvirengasmaääräykset ja niiden kehitys	4
3.1	Käyttöaika	4
3.2	Nastamääräykset	4
4.	Nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuserot	5
4.1	Suomalaisia tutkimuksia	5
4.2	Ruotsalaisia tutkimuksia	11
4.3	Norjalaisia tutkimuksia	15
4.4	Talvirengastestit	16
5.	Nastarenkaiden vähentämisen vaikutus liikenneturvallisuuteen	22
5.1	Ruotsalainen tutkimus	22
5.2	Norjalaisia tutkimuksia	24
5.3	Japanilaisia tutkimuksia	28
6.	Nastarenkaiden rajoittamisen vaikutukset nastarenkaiden käyttöasteeseen Suomessa	32
6.1	Liikennevirtamalli	32
6.2	Norjan malli	38
7.	Nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutukset Suomessa	41
7.1	7.1 Elvikin ja Kaminskan malli	41
7.2	Kelimalli	42
8.	Kitka- ja nastarenkaan turvallisuusvaikutusten fysikaalinen tarkastelu	44
8.1	Jarrutusmatka ja kompensaaationopeus	44
9.	Tutkimustulosten suhde hallinnolliseen päätöksentekoon	48
10.	Yhteenvedo ja johtopäätökset	51
10.1	Nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroon vaikuttavia tekijöitä	51
10.1.1	Nasta- ja kitkarenkaiden vaikutus ajoneuvon käyttäytymiseen	51
10.1.2	Liikennekäyttäytyminen kitka- ja nastarenkailla	52
10.1.3	Nasta- ja kitkarenkaiden käytön seurannaisvaikutukset liikenneturvallisuuteen	53
10.2	Nasta- ja kitkarenkaiden liikenneturvallisuuserot	53
10.3	Helsingin kantakaupungin nastarengassäädösten vaikutus muun Suomen kitkarengasasteeseen	54
10.4	Nastarenkaiden vähentämisen vaikutus liikenneturvallisuuteen	54
10.5	Toimenpiteitä, joilla nastarengasrajoitusten liikenneturvallisuusvaikutuksia voidaan minimoida	55
10.6	Jatkotutkimusaiheita	56
11.	Lähteet	58

1. Tausta

Norjassa (Oslo, Trondheim, Bergen, Stavanger) ja Ruotsissa (Tukholma, Göteborg ja Uppsala) on rajoitettu 2000-luvulla nastarenkaiden käyttöä, koska nastarenkaat irrottavat päällysteestä hengitysteitä ärsyttäviä ainesosia (kuva 1). Toisaalta useissa tutkimuksissa on todettu, että nastarenkailla saavutetaan liikenneturvallisuushyötyjä nastattomiin talvirenkaisiin verrattuna. Ruotsissa ja Norjassa nastarenkaiden rajoittamiseen on kuitenkin päädytty siksi, että rajoittamisen hyödyt on katsottu haittoja suuremmiksi.

Myös Helsingin kaupungissa harkitaan nastarenkaiden käytön rajoittamista ilmanlaadun parantamiseksi. Jotta mahdollisen vähentämisen vaikutuksia voitaisiin selvittää mahdollisimman laajasti, tätä varten käynnistettiin vuonna 2011 kahdeksan viranomaistahon (Trafi, Liikennevirasto, Ympäristöministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriö, Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsingin kaupungin rakennusvirasto ja ympäristökeskus sekä Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymä) myötävaikutuksella oma tutkimusohjelma, ns. NASTA-tutkimusohjelma. Koko tutkimusohjelmaa koskeva loppuraportti on määrä saada valmiiksi vuoden 2013 lopussa. Tämä selvitys on yksi ns. tutkimusohjelman selvityksistä. Tämä selvitys keskittyy pääosin vain nastarenkaiden käytön vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutuksiin. Tutkimusohjelman muissa selvityksissä perehdytään muihin vaikutuksiin, mm. ilmanlaatuksymyksiin.



Kuva 1. Eräiden selvityksen kannalta merkittävien kaupunkien keskinäinen sijainti

2. Tavoite

Selvityksen perusteella saadaan arvio Helsingin kantakaupungin alueella tapahtuvan nastarenkaiden rajoittamisen vaikutuksista liikenneturvallisuuteen. Tätä varten:

- arvioidaan kirjallisuustutkimukseen nojaten kitkarenkaiden liikenneturvallisuuseroa nastarenkaisiin nähden.
- tutustutaan nastarenkaiden rajoittamisen liikenneturvallisuusvaikutuksia käsitelleisiin selvityksiin.
- arvioidaan nastarengailla ajavien liikennesuoritteen kehitystä eri puolilla Suomea, jos Helsingin kantakaupungissa kitkarengailla ajavien määrä kaksin- tai kolminkertaistuu.
- lasketaan nastarengasrajoitusten vaikutus onnettomuusmääriin sen perusteella, mikä on nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuusero ja kuinka paljon kitkarenkaiden käyttöaste kohoaisi eri puolilla Suomea.

Lisäksi selvitetään hallinnollisen päätöksenteon suhdetta tutkimustuloksiin niissä maissa, joissa nastarenkaiden käyttöä on rajoitettu.

3. Talvirengasmääräykset ja niiden kehitys

3.1 Käyttöaika

Nastarenkaiden käyttöä on Suomessa rajoitettu nastarenkaiden haitallisten vaikutusten vuoksi (päällysteiden kuluminen, pienhiukkaset). Nastarenkaita saa Suomessa käyttää 1.11. - 31.3., mutta mikäli pääsiäinen on huhtikuun puolella, aina toisen pääsiäispäivän jälkeiseen maanantaihin asti. Talvirenkaita Suomessa on pakko käyttää 1.12 - 28.2. välisenä aikana.

Ruotsissa nastarenkaita saa käyttää 1.10. - 15.4. ja Norjassa 1.11. - pääsiäisen jälkeinen sunnuntai. Lisäksi Pohjois-Norjassa käytön saa aloittaa jo 15.10. ja jatkaa aina 30.4. saakka. Ruotsissa talvirenkaita tulee käyttää 1.12. - 31.3. kelin niin vaatiessa.

3.2 Nastamääräykset

Nastarenkaiden nastojen tyyppiä ja määrää on Suomessa säädelty useaan otteeseen 1990-luvun alun jälkeen (taulukko 1). Suomessa 1.7.2009 voimaan tulleet määräykset ovat täysin samanlaiset kuin Ruotsissa ja Norjassa. Näiden määräysten siirtymäaika nastojen lukumäärää koskien päättyy 1.1.2013. Näin ollen vuoden 2013 alusta lähtien valmistettujen nastarenkaiden tulee täyttää 1.7.2009 voimaan tullut määräys nastojen lukumäärästä.

Taulukko 1. Nastamääräykset Suomessa. Kursivoidut määräykset on kumottu 1.7.2009 voimaan tulleilla määräyksillä (Heikkinen 2011)

	Määräys	Henkilöauton rengas (+perävaunut)	Kevyen kuorma- auton rengas	Kuorma-auton rengas
nastojen määrä (kpl)	<i>LMA 1256/1992</i>	<i>90 kpl ($\leq 13''$) 110 kpl ($14-15''$) 130 kpl ($\geq 16''$; LMA 304/1996)</i>	150	150
	LVMA 466/2009	50 kpl yhtä vierintäkehän metriä kohti	150	150
nastan massa (g)	LMA 304/1996	1,1	2,3	3,0
staattinen pistovoima (N)	LMA 304/1996	120	180	340
nastaulkonema (mm)	LMA 304/1996	1,2	1,2	1,5
sijoittelu kulutuspinnan keskimmäiselle kolmannekselle	<i>LMA 1256/1992</i>	<i>kielletty</i>	<i>kielletty</i>	<i>kielletty</i>
	LVMA 466/2009	sallittu	sallittu	sallittu

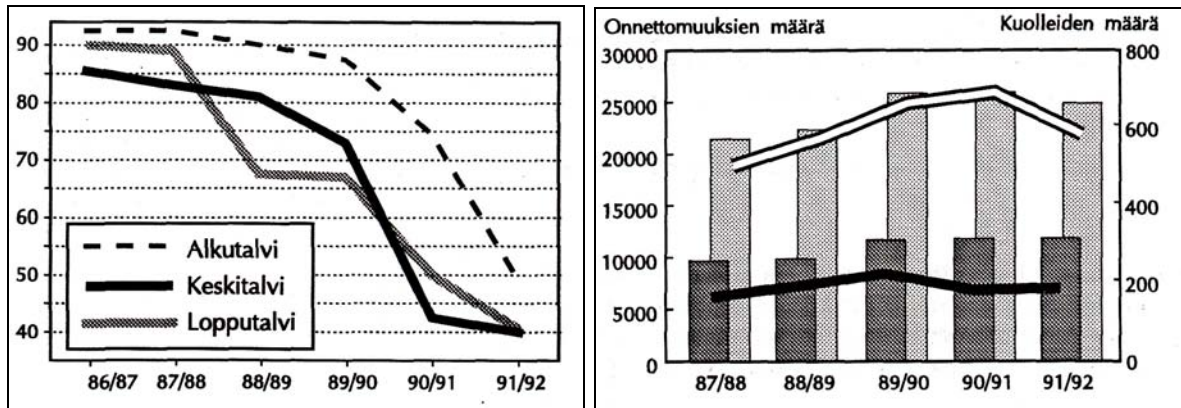
4. Nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuserot

4.1 Suomalaisia tutkimuksia

Suomessa toteutettiin 1990 laaja "Talvi ja tieliikenne" tutkimusohjelma. Ohjelmassa tarkasteltiin myös laajasti nasta- ja kitkarenkaiden eroja. Viimeisen lähes 20 vuoden aikana nasta- ja kitkarenkaiden ominaisuudet ja niitä koskevat määräykset ovat kehittyneet ja muuttuneet, joten ohjelman tulosten soveltuvuuteen tämän päivän toimintaympäristössä tulee suhtautua varsin varauksellisesti. Erityisesti nasta- ja kitkarenkaiden pito- ja käyttäytymiseroista saa todennäköisesti paremman kuvan tuoreiden talvirengastestien kuin 1990-luvun tutkimusohjelman perusteella. Silti tutkimusohjelmassa nostettiin esiin eräitä nasta- ja kitkarenkaiden eroihin liittyviä varsin mielenkiintoisia näkökantoja ja tutkimusohjelmaa onkin alla referoitu muutamien kiinnostavimpien tutkimusten osalta.

Tutkimusohjelman alkuvaiheessa Tielaitoksen, VTT:n ja Oulun yliopiston asiantuntijoista koostuva delegaatio kävi Japanissa tutustumassa maan nastattomaan talviliikenteeseen 30.1. - 7.2.1993. Opintomatkasta kirjoitettiin erillinen tutkimusraportti (Tielaitos 1993). Japanissa oli jo 1980-luvulla herätty nastarenkaiden aiheuttamiin ilmanlaatuongelmiin. Vuoden 1990 helmikuussa Japanin kauppa- ja teollisuusministeriö teetti tutkimuksen kitkarenkaiden ja nastallisten talvirenkaiden pito-ominaisuuksien eroista. Tutkimuksissa todettiin kitkarenkaiden pito-ominaisuuksien kehittyneen riittävän hyväksi, jotta nastarenkaiden voituksi tietyn siirtymäkauden kuluessa luopua kokonaan. Muutaman kuukauden kuluttua selvityksestä astuikin voimaan laki, joka muutamia vuosia myöhemmin kaikilta osin voimaantullessaan kielsi nastarenkaiden käytön käytännöllisesti katsoen kaikilla Japanin talvisilla alueilla.

Raportissa todetaan, että: "Toistaiseksi Japanin talviliikenteestä saadut kokemukset osoittavat, että mitään todella »hälyttävää» ei nastattomiin renkaisiin siirtymisestä ole seurannut. Nastattomien talvirenkaiden onnettomuudet ovat kuitenkin lisääntyneet jonkin verran taajamissa erittäin liukkailla keleillä, joissa ei edes varovainen ajotapa aina takaa turvallisuutta. Sen sijaan on mahdollista, että ns. normaaleissa talviolosuhteissa on saatu jopa turvallisuussäästöjä, jolloin varovaisemman ajotavan hyödyt pääsevät paremmin esiin. Nastaton liikenne ja lähes suolaukseton talvihoito näyttää aiheuttavan taajamaliikenteessä ongelmia sekä auto- että kevyelle liikenteelle. Suurissa kaupungeissa tärkeimmiksi ongelmiksi osoittautuivat liikenteen kasvaneet viivytykset, kevyen liikenteen talvikelin ongelmat ja liukkaan kelin onnettomuuksien määrän kasvu. Taajama-alueiden ulkopuolelle ei japanilaisten talvihoidon politiikka kuitenkaan näytä aiheuttavan erityisiä ongelmia ehkä siksi, että monia talviliikennettä helpottavia järjestelmiä ja toimenpiteitä on toteutettu." Kuvat 2 ja 3 esittävät nastarengasosisuuden ja liikenneturvallisuuden muutoksia Hokkaidon saarella Japanissa 1980- ja 90-lukujen vaihteessa.



Kuvat 2 ja 3. Vasemmanpuoleinen kuva esittää nastarenkaiden osuuden muuttumista Japanissa Hokkaidon saarella 1986-1992. Oikeanpuoleinen kuva kertoo liikenneonnettomuuksien ja niissä kuolleiden määristä Hokkaidon saarella 1987-92. Vaaleanharmaa pylväs on koko vuoden hvj-onnettomuudet ja tummanharmaa pylväs talviajan hvj-onnettomuudet. Valkoinen viiva on koko vuoden liikennekuolemat ja musta viiva talviajan liikennekuolemat. (Liikennekuolemien ja hvj-onnettomuuksien suhde kertoo siitä, että Japanissa on ilmeisesti tilastoitu vain hyvin vakavat hvj-onnettomuudet). Liikennesuorite on aikavälillä kasvanut noin 5% vuosivauhdilla.

Talvella 1993 tutkittiin ilmeisesti esitutkimusluontoisesti (pienet havaintomäärät) nasta- ja kitkarenkaita käyttävien kuljettajien käyttäytymistä kaarre- ja jonoajossa talvikeleillä (Roine 1993). Tutkimuksessa mitattiin ajoneuvojen nopeuksia valituissa kohteissa ja tämän jälkeen ilmeisesti haastateltiin kuljettajia ja tarkastettiin renkaat. Nastattomat kuljettajat ajoivat yleensä hieman pienemmillä nopeuksilla kaarrekohteissa kuin nastalliset. Jonossa nastattomien kuljettajien keskinopeus oli hieman pienempi kuin nastallisten, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Talvi- ja tieliikenneohjelman yhteydessä tutkittiin myös kitkarenkaiden vaikutusta lumipolanteen kiillottumiseen (Anila ja Alppivuori 1994). Koetta varten valmistettiin lumisateen aikana kaksi erilaista lumipolannetta. Toisella kaistalla oli ainoastaan henkilö- ja kuorma-autojen nastatonta liikennettä. Toisella kaistalla ajettiin nastarenkain varustetuilla henkilöautoilla ja nastattomin renkain varustetuilla kuorma-autoilla, jolloin nastarengasliikenteen osuus oli 56-73%. Mittausautolla, jossa ei ollut nastarenkaita, saavutettiin nastarengaskaistalla 18% suurempi hidastuvuus kuin kaistalla, jossa ajoi vain nastattomia ajoneuvoja.

Edellä mainittua tutkimusta sivusi myös Anilan ja Kallbergin samana talvena tekemä tutkimus: "Nastarenkaiden vaikutus polanteen kulumisnopeuteen ja tienpinnan kitkaominaisuuksiin" (Anila ja Kallberg 1994). Tässä tutkimuksessa polanteen kulumisnopeutta tutkittiin sekä koeradalla että normaalissa maantieympäristössä. Koeradalla tehtiin sekä kovaa että pehmeää polannetta. Kova polanne kului ns. nastarengasurassa (85% nastarengasliikennettä) kaksi kertaa nopeammin kuin ns. kitkarengasurassa (15% nastarengasliikennettä). Pehmeällä polanteella ei havaittu eroa kulumisessa. Lisäksi havaittiin, että maantiellä ns. luonnollisesti syntynyt polanne kului selvästi hitaammin kuin kova polanne testiolosuhteissa, joten maantieolosuhteissa arveltiin polanteen kulumiserojen nasta- ja kitkarenkaiden välillä olevan vielä suurempia kuin koetieolosuhteissa.

Ohjelman yhteydessä tutkittiin myös rengasvalinnan vaikutuksia kuljettajan käyttäytymiseen (Mäkinen ja muut 1994). Tätä selvitettiin kokeella, jossa 60 nastarenkaiden käyttäjää sai omaan autoonsa kitkarenkaat ja verrokkiryhmänä oli 60

nastarenkailla jatkanutta kuljettajaa. Kuljettajien käyttäytymistä tutkittiin siten, että kuljettajat kävivät kahtena eri talvena ajamassa instrumentoidulla ajoneuvolla yhteensä 3 kertaa 80 km matkan. Ensimmäisenä talvena ja ensimmäisellä kerralla kaikki käyttivät koeautossa nastarenkaita. Toinen kerta ensimmäisenä talvena toteutettiin niin, että nastarenkaiden käyttäjät ajoivat nastarenkain varustettua koeautoa ja kitkarenkaiden käyttäjät vastaavasti kitkarenkain varustettua. Tämä jälkimmäinen koe uusittiin vielä seuraavana talvena, kun kokemus kitkarenkaista oli kitkarengasryhmällä kasvanut. Tulosten mukaan *ensimmäisenä talvena* ajonopeudet nousivat kitkarenkaisiin siirtyneillä etenkin hyvissä ajo-olosuhteissa ja moottoriteillä. Kuitenkin jyrkissä kaarteissa kitkarenkain ajettiin varovaisemmin kuin nastoin. Lisäksi liukkaissa olosuhteissa kitkarenkaiden käyttäjät jarruttivat pehmeämmin kuin nastarenkaita käyttäneet. Toisena talvena ajonopeudet palasivat pääosin samalle tasolle kuin alkutilanteessa, jolloin molemmat ryhmät ajoivat koereitin nastarenkain. Ainoastaan jyrkissä kaarteissa kitkarenkaiden käyttäjät ajoivat varovaisemmin kuin nastarenkaiden käyttäjät. Lisäksi taajama-alueilla kitkarenkaiden käyttäjien nopeudet olivat nastarenkaiden käyttäjiä alhaisemmat. *Toisena talvena* mitattiin myös ajovälejä jonoajossa. Kävi ilmi, että kitkarenkaiden käyttäjillä etäisyys edellä ajavaan oli 11 metriä pidempi kuin nastarenkaiden käyttäjillä. Lisäksi tutkimuksessa kysyttiin kitkarenkaisiin siirtyneiden näkemyksiä kitkarenkaista kokeen jälkeen. Kävi ilmi, että kaikki kitkarenkaisiin siirtyneet olivat niin tyytyväisiä kitkarenkaisiin, etteivät enää halunneet palata takaisin nastarenkaiden käyttäjiksi.

Rengastyypin ja liikennekäyttäytymisen yhteyttä selvitettiin myös erillisessä pääosin tienvarsihaastatteluihin pohjautuvassa tutkimuksessa (Heinijoki 1994). Kyseisessä tutkimuksessa käytiin 22 eri paikassa ympäri Suomea mittaamassa ajoneuvojen nopeuksia, haastattelemassa kuljettajia sekä tutkimassa pysäytettyjen ajoneuvojen renkaiden kunto erityisesti haastavien talvikelien aikana. Tutkimuksessa ei talvirenkaan tyypillä todettu olevan merkitsevää vaikutusta käytettyihin ajonopeuksiin. Nastarenkaita tai nastattomia talvirenkaita käyttäneet eivät eronneet merkitsevästi toisistaan ajonopeuksien suhteen pitävillä eivätkä liukkailla keleillä. Tutkimuksen keskeisimpiä tuloksia oli, että liukkailla keleillä autoilijoiden kyky arvioida tien todellisia liukkausolosuhteita oli huono.

Talvi- ja tieliikenneohjelman yhteydessä pyrittiin myös varsin merkittävin panostuksin selvittämään nastarenkaiden ja nastattomien talvirenkaiden käyttäjien onnettomuusriskieroja. VTT:n erikoistutkija Matti Roineen tekemässä tutkimuksessa (Roine 1994) kerättiin tutkimusaineistoa kolmella eri tavalla. Ensiksi lähetettiin 10 000:lle satunnaisesti valitulle henkilöauton kuljettajalle postikysely, jossa kysyttiin käytettyä rengastyypistä, osallisuutta onnettomuuksissa, sekä lukuisia talviliikenteeseen liittyviä taustakysymyksiä. Tätä kyselyä täydennettiin vielä toisella 3000:n hengen kyselyllä, joka kohdistettiin onnettomuusrekisterien perusteella onnettomuusautojen kuljettajille. Lisäksi aineistoa täydennettiin vielä 1987-1991 tutkijalautakunta-aineistolla. Tutkimusajankohdalle tyypillistä oli, että nastattomien talvirenkaiden käyttäjien osuus oli hyvin pieni (alle 3%) ja lisäksi merkittävä osa näistä renkaista oli nastarenkaita, joista nastat oli nypitty pois. Ensimmäisen 10 000 autoilijaa käsitelleen kyselyn perusteella saatiin 4387 käyttökelpoista vastausta. Näistä vastaajista 2,5 % käytti nastattomia renkaita ja nastattomien käyttäjistä 10,1 % oli joutunut onnettomuuteen talvikausina 1991-93 (taulukko 2).

Taulukko 2. Postikyselyyn (satunnaisotanta) vastanneiden henkilöauton pääkäyttäjien ilmoittama rengastyypin ja onnettomuuskuljettajat talvikausina 1991-93 (Roine 1994).

Rengastyypin	Kuljettajan onnettomuudet talvikausina 1991-93					
	Kyllä		Ei		Yhteensä	
	Lkm	%	Lkm	%	Lkm	%
Nastarengas	312	7,3 %	3966	92,7 %	4278	100 %
Nastaton talvirengas	11	10,1 %	98	89,8 %	109	100 %
Yhteensä:	323	7,4 %	4064	92,6 %	4387	100 %

Aineiston analyysien yhteydessä Roine käytti uraa-uurtavia analyysitekniikoita ja jatkoi aineiston käsittelyä edelleen väitöstutkimuksensa merkeissä (Roine 1999). Vuonna 1999 julkaistun väitöstutkimuksen yhteydessä Roine laski nastattomien renkaiden onnettomuusriskin olevan 1,4 - kertainen nastallisiin nähden. Lisäksi hän toi esiin kitkarenkaiden korkean onnettomuusasteen paljailla keleillä, vaikka totesikin edelleen, ettei mikään rengastyypin merkitystä tarkastellut analyysi ollut tilastollisesti merkitsevä. Taulukon 3 tarkastelusta voi paljaan kelin korkean kitkarengasriskin lisäksi havaita paljon ajavien kitkarenkaiden käyttäjien huomattavan alhaisen suhteellisen onnettomuusriskin.

Taulukko 3. Rengastyypin vaikutus kuljettajan suhteelliseen onnettomuusriskiin (Roine 1999).

RESEARCH DATA		Effect of tyre type 95% confidence interval (lower limit- expected value -upper limit)	Amount of observ- ations	Statistical significance (p)
Research method				
Other variables taken into consideration				
POSTAL SURVEY DATA				
Case-control				
All drivers		0,76- 1,43 -2,69	4356	0,271
Wintertime kilometreage	≤ 8000	0,75- 1,65 -3,66	2894	0,212
	> 8000	0,39- 1,12 -3,19	1462	0,835
Driver age ≤ 30	≤ 8 000 km/winter	0,54- 2,00 -7,30	446	0,291
	> 8 000 km/winter	0,58- 2,26 -8,81	348	0,229
Driver age >30	≤ 8 000 km/winter	0,48- 1,36 -3,81	2434	0,561
	> 8 000 km/winter	0,06- 0,44 -3,31	1106	0,416
Logit model				
Driver age, wintertime kilometreage		0,73- 1,39 -2,64	4333	p > 0,05
Driver age, wintertime kilometreage and vehicle age			4333	
vehicle age ≤ 10		0,90- 1,93 -4,13		p > 0,05
vehicle age > 10		0,13- 0,53 -2,27		p > 0,05
VALT DATA				
Case-control, Basic tables				
All drivers		0,88- 1,81 -3,73	596	0,102
Tyre's tread depth	≤ 4 mm	0,86- 1,95 -7,33	125	0,318
	> 4 mm	0,71- 1,78 -4,45	454	0,212
Road surface condition				
not winter road surface conditions		0,76- 1,69 -3,80	408	0,196
winter road surface conditions		0,45- 2,30 -11,75	167	0,304
Road surface conditions and tyre's tread depth				
Not winter road surface conditions	≤ 4 mm	0,18- 1,94 -21,12	32	0,581
	> 4 mm	can't be estimated	131	
Winter road surface conditions	≤ 4 mm	0,39- 1,96 -9,78	90	0,403
	> 4 mm	0,55- 1,44 -3,76	306	0,455
Case-control, Model data				
All drivers		0,96- 2,33 -5,62	446	0,054
Tyre's tread depth	≤ 4 mm	0,41- 2,07 -10,43	92	0,368
	> 4 mm	0,74- 2,15 -6,25	349	0,149
Road surface conditions				
Not winter surface conditions		0,42- 3,86 -35,62	117	0,202
Winter road surface conditions		0,76- 1,996 -5,25	314	0,154
Road surface conditions and tyre's tread depth				
Not winter road surface conditions	≤ 4 mm	0,11- 1,33 -17,28	23	0,825
	> 4 mm	can't be estimated	94	
Winter road surface conditions	≤ 4 mm	0,32- 2,85 -25,37	66	0,329
	> 4 mm	0,55- 1,66 -5,03	244	0,362

Teknillisen korkeakoulun autolaboratoriossa tehtiin vuonna 2002 esitutkimus "Kitkarengasonnettomuudet 1992-2000", joka pohjautui tutkijalautakuntien tutkimiin kuolemaan johtaneisiin onnettomuuksiin (Sainio 2002). Tuona aikana tutkijalautakunta selvitti 44 kitkarenkain ajettua onnettomuutta. Tässä aineistossa oli 20 on kesäaikaa tai muuten ei "kitkarenkaan suorituskykyyn talvisissa olosuhteissa" liittyviä onnettomuuksia. Vaikka tutkimuksessa keskityttiin etupäässä kitkarenkaisiin talviolosuhteissa, tutkimus antoi Aalto-yliopiston (ent. TKK) ajoneuvotekniikan yli-insinööri Panu Sainion mukaan vahvasti viitteitä siihen, että olisi syytä tutkia kitkarenkaiden käyttäytymistä myös kesäaikaan. Raportissa varsinaiseen tarkasteluun otettiin 24 liukkaan kelin onnettomuutta. Vähäisen onnettomuusmäärän vuoksi tulosten tilastollinen merkitys oli vähäinen.

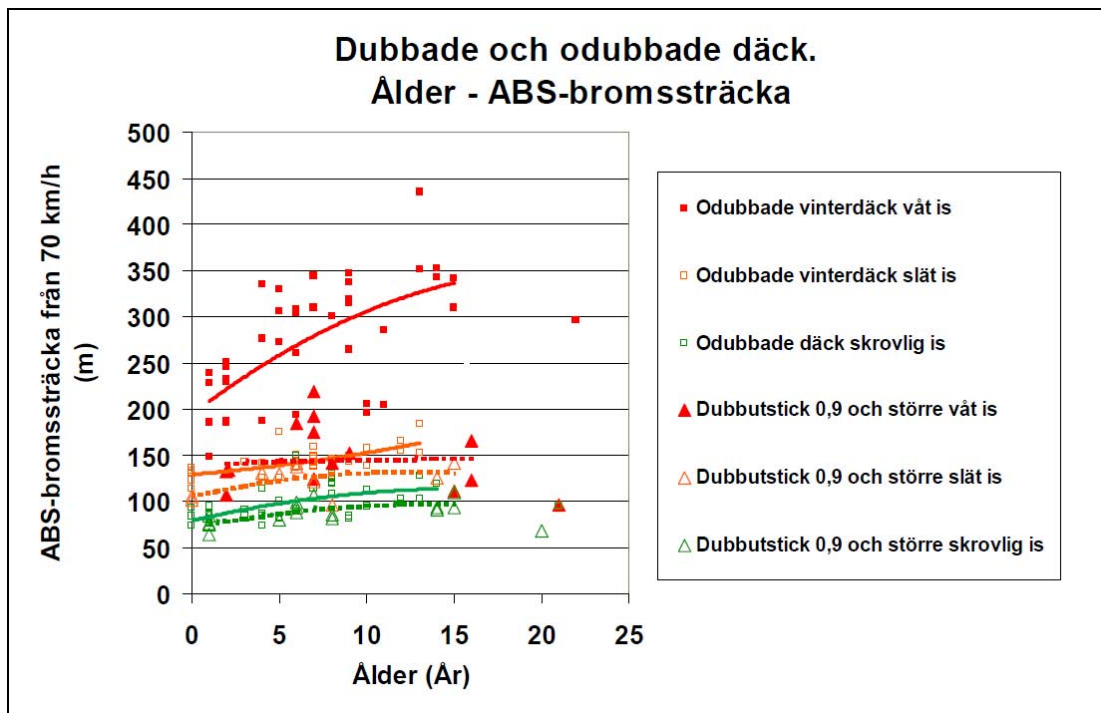
Jouko Lahti teki vuonna 2008 Tikka Spikes:in toimeksiannosta tutkimuksen henkilöauton talvirenkaisiin liittyvistä rengasriskeistä (Lahti 2008). Lahdella oli tutkimuksessa aineistonaan tutkijalautakuntien tutkimat kuolemaan johtaneet liikenneonnettomuudet vuosilta 2000-2006. Tuona aikana sattui 379 henkilö- tai pakettiauton aiheuttamaa talvikelionnettomuutta. Näistä onnettomuuksista 13,4 % oli sellaisia, joissa aiheuttajalla oli kitkarenkaat. Lahti vertaa tätä määrää talven 2000-2001 talvirengastutkimukseen (Malmivuo ja Mäkinen 2001), jossa kitkarenkaiden osuudeksi laskettiin 11,2%. Vertailu oli sikäli toimiva, että mitä ilmeisimmin kitkarengasosuus on 2000-luvulla pysynyt hyvin vakiona. Talven 2009-2010 vastaavassa seurantatutkimuksessa (Malmivuo ja Luoma 2010) kitkarenkaiden osuus oli 11,5 %. Koska vuonna 2011 Paula Prittinen totesi tutkimuksessaan, että Helsingin kantakaupungin kitkarengasaste oli jopa 24 % ja koska kummassakaan talvirengastutkimuksessa yksikään havaintopisteistä ei sijainnut kantakaupungissa, on mahdollista että talvirengastutkimuksen arvio kitkarenkaiden osuudesta on hieman liian alhainen. Lisäksi Lahti totesi sähköpostihaastattelussa, että tuoreen tiedon mukaan kitkarenkaiden osuus talvikelien kuolonkolareissa olisi ollut vuosina 2000-2010 enää 12,4 % (Lahti 2011).

Lahti myös nostaa tutkimuksessaan esiin, että edellä mainitusta 379 onnettomuudesta 152 onnettomuutta oli sellaisia, joiden yhteydessä tutkijalautakunta on kirjannut jonkin renkaisiin liittyvän riskitekijän. Näistä rengasriskionnettomuuksista peräti 29,7 % oli kitkarenkailla aiheutettuja. Eräät tutkijat ovat epäilleet, että tutkijalautakunta katsoisi kitkarenkaiden käytön varsin kategorisesti talvikeleissä rengasriskiksi, mutta ainakaan Liikennevakuutuskeskuksen liikenneturvallisuusyksikön onnettomuustutkija Juha Nuutinen ei tätä ole vahvistanut (Nuutinen 2011).

4.2 Ruotsalaisia tutkimuksia

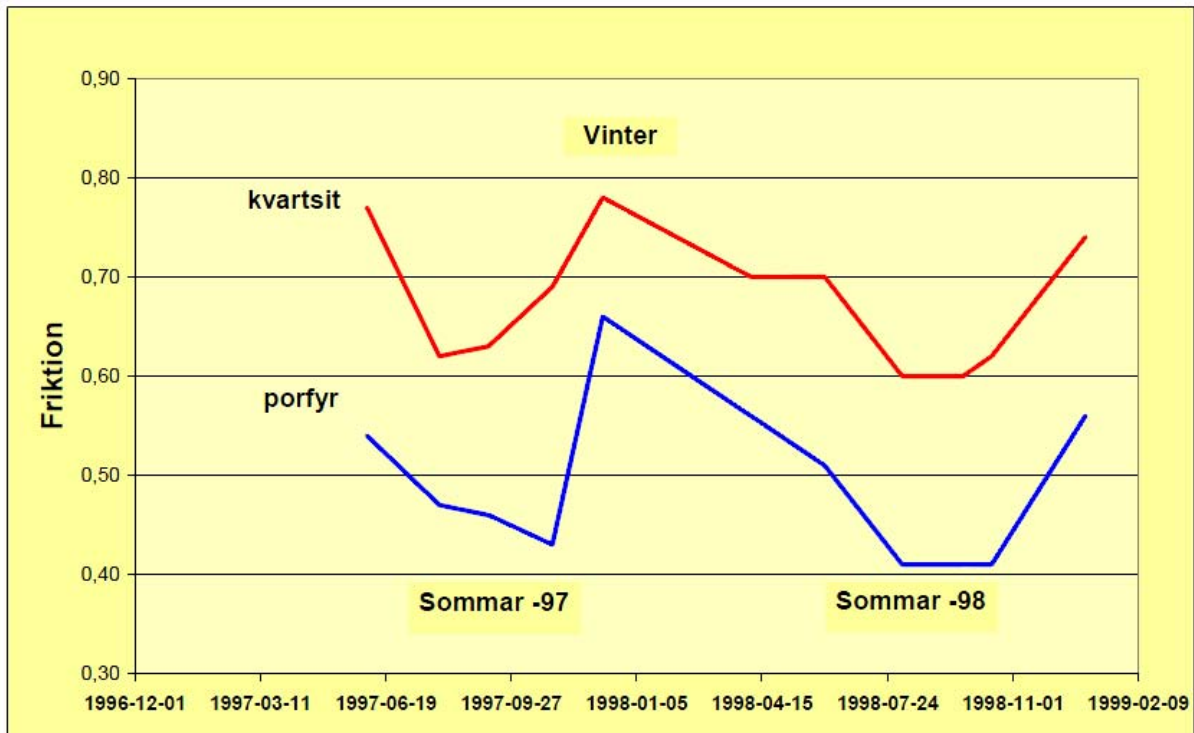
VTI teki vuonna 2004 varsin perusteellisen selvityksen siitä, miten talvirenkaan ikä vaikuttaa erilaisten talvirenkaiden pito-ominaisuuksiin jääkelillä (Nordström 2004). Tutkimukset tehtiin pääosin rengastestauslaitteistoilla sisätiloissa, mutta tutkimuksessa vakuutettiin testauslaitteilla tehtyjen testien korreloivan hyvin ajamalla tehtyjen testien kanssa. Tutkimuksessa painotettiin, että kaikki tutkimuksessa olleet iäkkäämmät renkaat olivat käytettyjä renkaita, eikä tutkimus ota kantaa siihen, miten monta vuotta varastossa olleiden käyttämättömien renkaiden ominaisuudet mahdollisesti muuttuvat. Tutkimuksesta ei kuitenkaan selvinnyt, olivatko iäkkäämmät renkaat kuluneempia kuin nuoremmat ja jos olivat, miten tämä ero kompensoitiin silloin kun haluttiin tarkastella vain iän, eikä esim. urasyvyyden merkitystä. Kun nasta- ja kitkarenkaiden suorituskyky verrattiin toisiinsa erityyppisillä jääkeleillä, havaittiin että:

- kitkarenkaat hävisivät nastarenkaille erityisesti märällä jäällä
- märällä jäällä kitkarenkaiden ikä kasvatti erityisesti jarrutusmatkaa (kuva 4)



Kuva 4. Erilaisten talvirenkaiden jarrutusmatkan vertailua erilaisilla jääkeleillä (Nordström 2004)

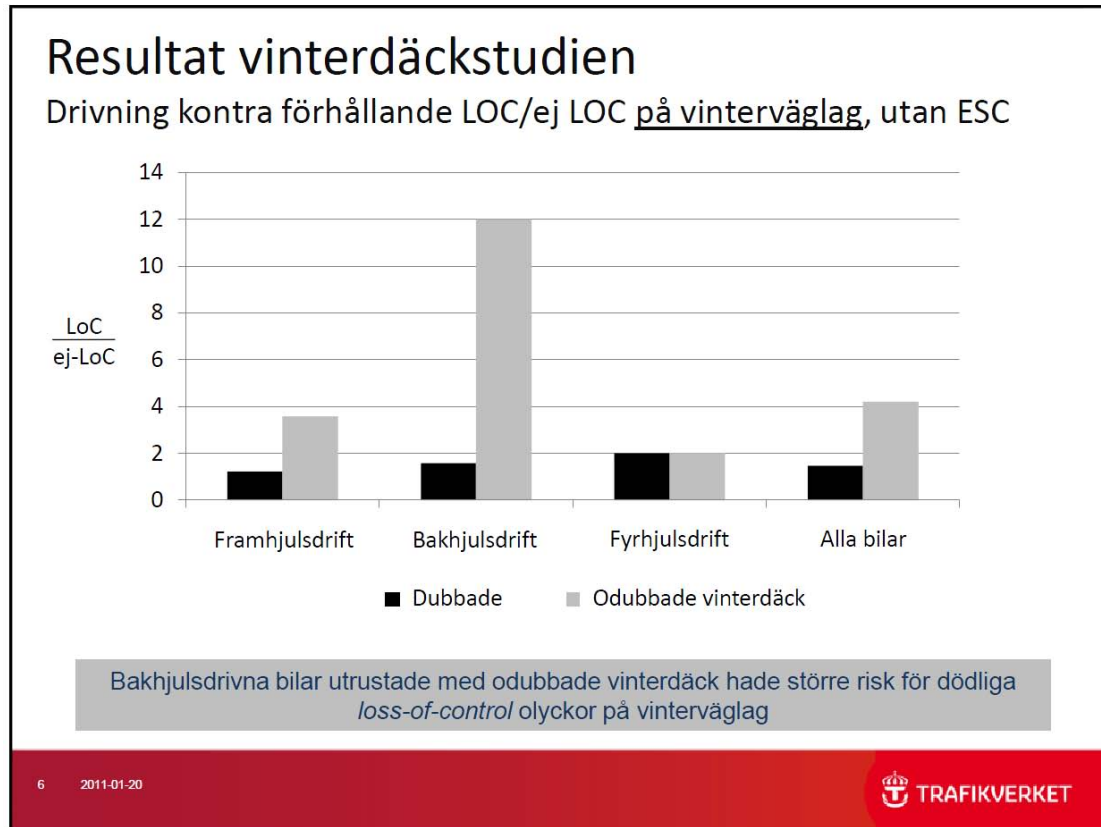
Vuonna 2008 VTI toi esille, että nastarenkailla on merkittävä vaikutus kestopäällysteen karhentumiseen, minkä katsotaan vähentävän erityisesti paljaan päällysteen märkäliukkaita ja edistävän siten liikenneturvallisuutta (Jacobson ja Hjort 2008)(kuva 5).



Kuva 5. Esimerkki kahden erilaisen päällystemateriaalin kitkan vaihtelusta paljaalla ja ilmeisesti kuivalla pinnalla vuodenaikojen suhteen. (Jacobson ja Hjort 2008)

Ruotsissa valmistui vuonna 2011 paljon huomiota herättänyt tutkimus, jossa Ruotsin liikenneviraston toimesta todettiin, että nastarenkaat vähentävät peräti 42 % kuolonkolareita verrattuna nastattomiin talvirenkaisiin (Strandroth ym. 2011). Tämän tutkimuksen tekijä pyysi syyskuussa 2011 tutkimuksen tekijöiltä alkuperäistä tutkimusraporttia, mutta tekijät kieltäytyivät vielä sitä luovuttamasta vedoten siihen, että he haluavat ensin saada julkaistua tutkimuksesta tieteellisen artikkelin. Tutkimuksen tiivistelmän ja esitelmäaineiston mukaan arviot nastarenkaiden turvallisuusvaikutuksista perustuivat ilmeisesti pääosin Ruotsin vuosien 2000-2010 kuolemaan johtaneiden liikenneonnettomuuksien tutkijalautakunta-aineistoon. Tutkimuksen tiivistelmästä ei tarkkaan käy ilmi, miten aineistoa on analysoitu, mutta vaikuttaa todennäköiseltä, että onnettomuuksien syntyvän perusteella on arvioitu kitka- ja nastarenkaiden käyttäytymistä onnettomuustilanteissa. Keskeisenä tutkimustuloksena on todettu, että kitkarenkaat ovat suhteellisesti nastarenkaita useammin mukana onnettomuuksissa, jotka ovat aiheutuneet ajoneuvon hallinnan menetyksestä. Tutkimuksessa myös todetaan, että hallinnanmenetykset tapahtuvat suhteellisesti useammin takavetoisissa autoissa ja autoissa, joissa huonommat renkaat ovat takana (jälkimmäinen havainto on yhdenmukainen mm. Liikenneturvan renkaiden käyttösuosituksen kanssa)(kuvat 6 ja 7). Tutkimuksessa myös todetaan, että onnettomuuksien synnyn kannalta jarrutusmatka ei ole ratkaiseva, vaan merkittävämpää on ajoneuvon hallittavuus ja stabiiliteetti. Samassa tutkimuksessa arvioitiin myös luistonestojärjestelmän hyötyä talvikeleillä. Luistoneston arvioitiin vähentävän talvikelin henkilövahinko-onnettomuuksia 29 %. Tiivistelmän lopussa todetaan epäsuorasti, ettei tutkimuksessa ole otettu huomioon sitä, miten kitkarengasajoneuvojen kuljettajat sopeuttavat ajokäyttäytymistään kitkarenkaiden

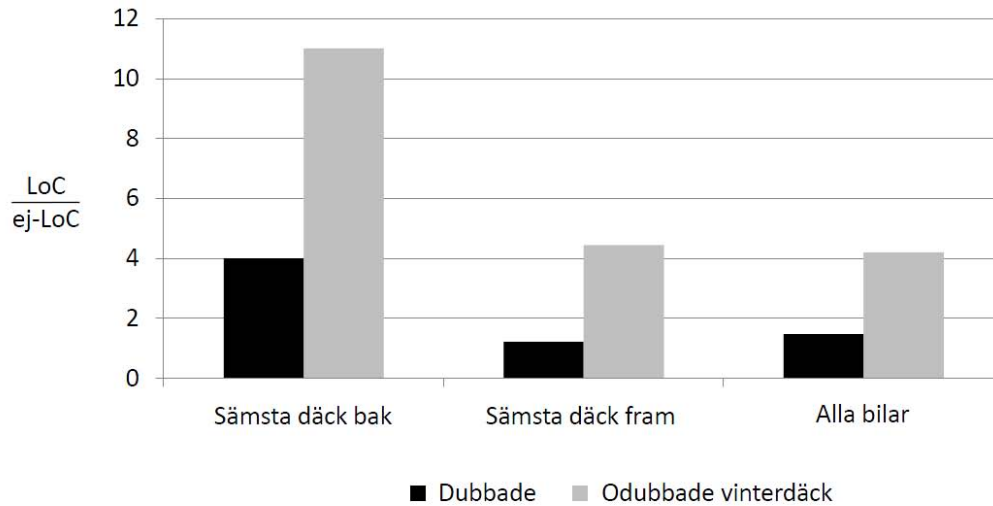
vaatimalle tasolle. Tutkijat toteavat kuitenkin olevansa vakuuttuneita siitä, ettei tämä käyttäytymismuutos voi mitenkään ulosmitata nastarenkaiden suurta turvallisuuspotentiaalia. Tutkimustulosten painoarvoa arvioitaessa on myös syytä ottaa huomioon, että tarkasteltujen tutkijalautakuntaonnettomuuksien lukumäärä (N=369) vaikuttaa melko alhaiselta tarkkojen johtopäätösten tekoon.



Kuva 6. Hallinnanmenetyksestä johtuvien kuolonkolarien suhde niihin kuolonkolareihin, jotka eivät johdu hallinnanmenetyksestä (LoC = Loss of Control). Etuvetoiset (Framhjulsdrift), takavetoiset (Bakhjulsdrift), nelivetoiset (Fyrhjulsdrift) ja kaikki autot (Alla bilar). Nastarenkaat (Dubbade) ja nastattomat talvirenkaat (Odubbade vinterdäck) (Strandroth ym. 2011).

Resultat vinterdäckstudien

Sämsta däck kontra förhållande LOC/ej LOC på vinterväglag, utan ESC



Bilar med de sämsta vinterdäcken bak hade mer än dubbel risk för dödliga *loss-of-control* olyckor på vinterväglag, oavsett typ av vinterdäck

Kuva 7. Hallinnanmenetyksestä johtuvien kuolonkolarien suhde niihin kuolonkolareihin, jotka eivät johdu hallinnanmenetyksestä (LoC = Loss of Control). Huonoimmat renkaat takana (Sämsta däck bak) ja edessä (Sämsta däck fram) ja kaikki autot (Alla bilar). Nastarenkaat (Dubbade) ja nastattomat talvirenkaat (Odubbade vinterdäck) (Strandroth ym. 2011).

4.3 Norjalaisia tutkimuksia

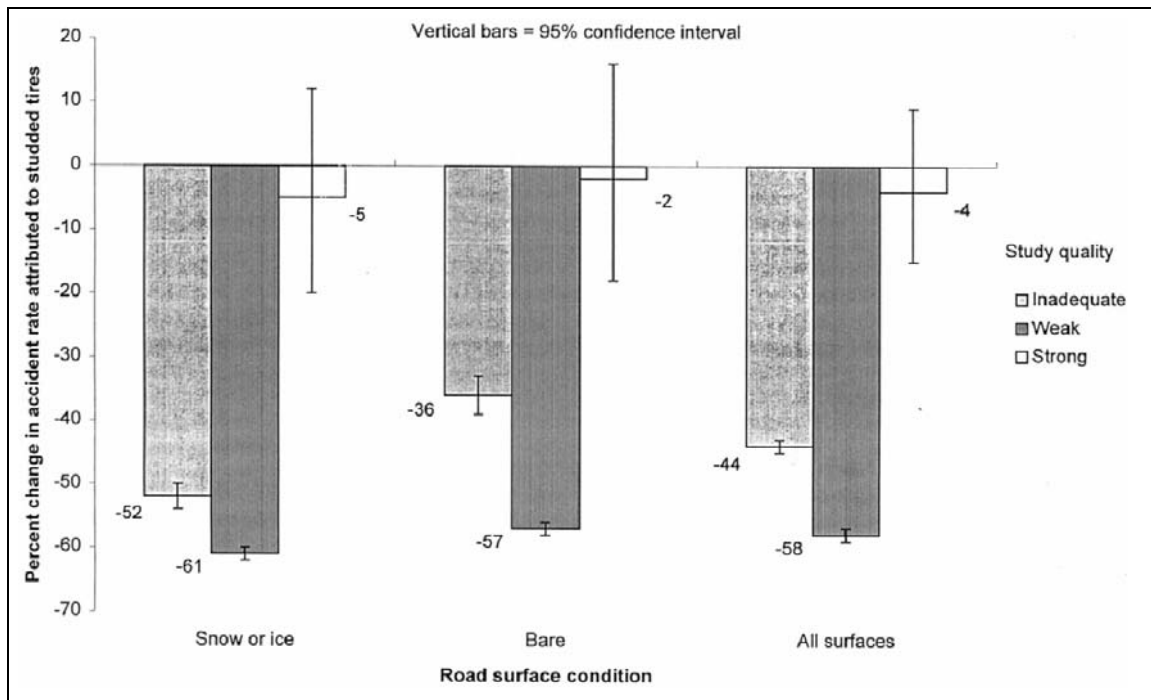
Norjalainen, kansainvälisesti tunnettu ja tunnustettu liikenneturvallisuuden käsikirja pyrkii ansiokkaasti kokoamaan yhteen eri maissa tehtyjä liikenneturvallisuustutkimuksia ja päättämään sen perusteella erilaisten liikenneturvallisuustoimenpiteiden vaikutuksia (Elvik ym. 2009).

Nastallisten talvirenkaiden liikenneturvallisuushyötyjä on kirjassa arvioitu melko vanhojen 1970- ja 1990-luvulta peräisin olevien tutkimusten perusteella. Taulukossa 4 on esitetty tämän meta-analyysin yhteenveto. Erityisesti on syytä ottaa huomioon 95 % luottamusvälin suuri vaihteluväli.

Taulukko 4. Nastarenkaiden vaikutus onnettomuusasteeseen verrattuna nastattomiin talvirenkaisiin. Onnettomuuksien vakavuutta ei ole määritelty (Elvik ym. 2009)

Prosentuaalinen ero onnettomuusasteessa		
Keli	Paras arvio	95 % luottamusväli
Luminen tai jäinen	-5 %	-20 % ... +12 %
Paljas (kuiva tai märkä)	-2 %	-18 % ... +16 %
Kaikki kelit	-4 %	-15 % ... +9%

Edellä esitetyt luvut perustuvat Elvikin omaan Accident Analysis and prevention -lehdessä olleeseen tieteelliseen julkaisuun "The effects on accidents of studded tires and laws banning their use: a meta-analysis of evaluation studies". Artikkelista käy ilmi, että em. arvioita tehdessään Elvik kävi läpi 11 aihetta käsitellyttä tutkimusta vuosilta 1971-1996. Hän jakoi tutkimukset kolmeen ryhmään sen perusteella, kuinka tasokkaasti tutkimukset oli hänen mielestään tehty. Ryhmään "Strong" hän hyväksyi 2 norjalaista 1990-luvulla tehtyä tutkimusta sekä luvussa 4.1 kuvatus suomalaisen Matti Roineen tutkimuksen. Näitä tutkimuksia yhdisti laaja onnettomuusotos, keli- ja rengastyypin tarkka luokittelu sekä monien taustamuuttujien kontrollointi. Taulukossa 1 mainitut tulokset ovat suoraan tämän vahvojen tutkimusten ryhmän tulosten mukaisia. Kuvasta 8 voi selkeästi havaita, että tämä vahvojen tutkimusten ryhmä erosi myös tulosten puolesta muista; heikommat tutkimukset antoivat nastarenkaille huomattavasti suurempia vaikutuksia turvallisuuteen.



Kuva 8. Nastarenkaiden vaikutus onnettomuusasteeseen eri keleillä sen mukaan, kuinka vahvana Elvik on pitänyt tutkimusta (Elvik 1999).

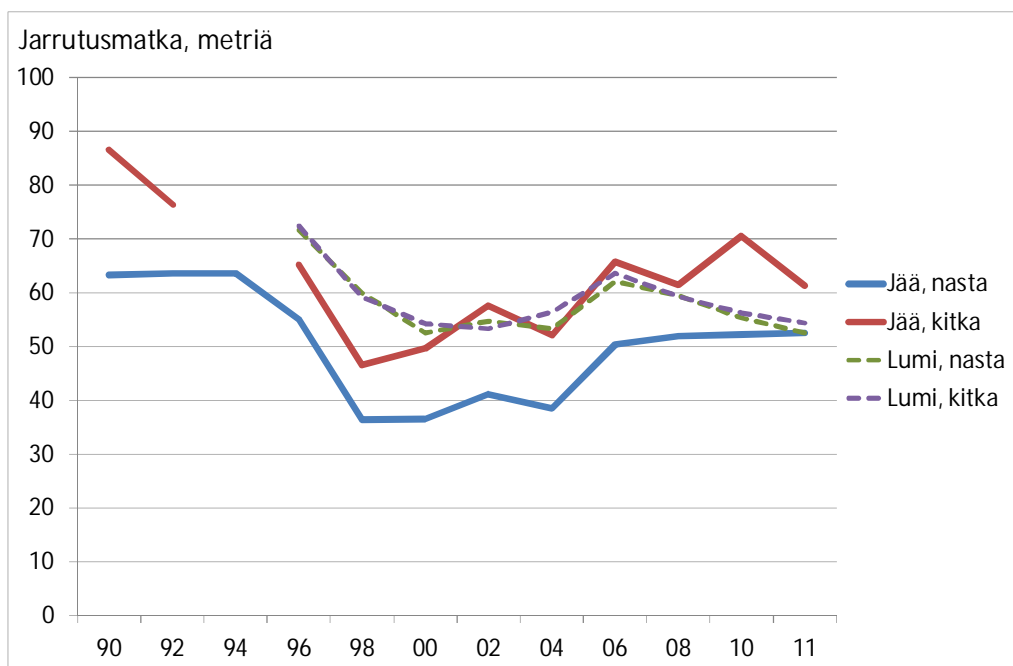
4.4 Talvirengastestit

Huomattava osa siitä tietämyksestä, mikä liittyy nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroihin on syntynyt Suomen Lapissa, pääosin Ivalon alueella tehtävien talvirengastestien yhteydessä. Näitä testejä on tehty pitkään saman ydinryhmän voimin niin, että esim. henkilö joka tänä päivänä johtaa talvirengastestejä, laatii analyysit ja niitä koskevat lehtiartikkelit, on ollut tekemässä talvirengastestejä jo yli 20 vuoden ajan. Tämän selvityksen tekijä oli kevättalvella 2010 seuraamassa talvirengastestien suorittamista ja vakuuttui siitä, että nykyiset testimenetelmät täyttävät hyvin pitkälle tieteellisen tutkimuksen kriteerit (Malmivuo 2010B). Tutkimuslaitokset eivät ole Suomessa vertailleet kitka- ja nastarenkaiden ominaisuuksia lähes 20 vuoteen ilmeisestikään pitkälle siksi, että tällaiset vertailut tehdään nykyään autolehtien rahoittamien testien myötä varsin perusteellisesti.

Tämän selvityksen puitteissa tutustuttiin Tekniikan Maailma -lehden talvirengastestejä koskeviin artikkeleihin vuosina 1990 - 2011, kuitenkin vain joka toinen vuosi. Testeihin tutustumalla pyrittiin luomaan kuvaa siitä:

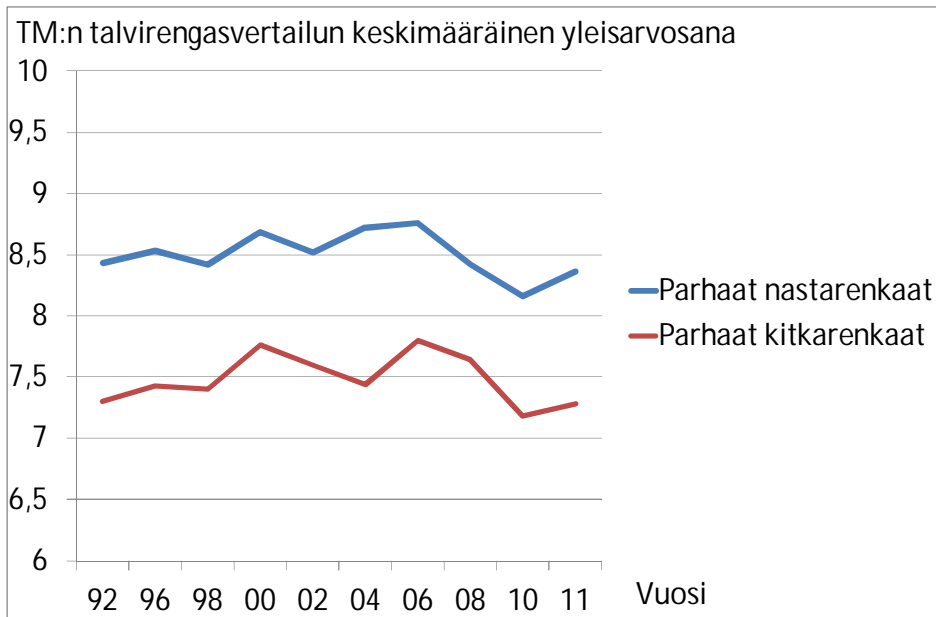
- Onko kitka- ja nastarenkaiden suorituskyvyn eroissa tapahtunut merkittäviä muutoksia 1990 - 2011? Tämä on tärkeä kysymys mm. siksi, että huomattava osa merkittävästä pohjoismaisesta renkaiden turvallisuuseroja käsittelevästä tutkimuksesta on tehty 1990-luvulla ja aivan 2000-luvun alussa. Miten hyvin näitä tuloksia voidaan yleistää tähän päivään?
- Onko testaajien asenne kitkarenkaita kohtaan muuttunut vuosien saatossa? Lähes jokaisen talvirengastutkimuksen yhteydessä on käsitelty kysymystä siitä, olisiko nyt jo oikea aika siirtyä kitkarenkaiden käyttöön.
- Mitä muuta tämän selvityksen kysymyksenasetteluun liittyvää tietoa löytyy testiraporteista?

Edellä esitetyistä kysymyksistä ensimmäinen on kaikista haastavin. Rengastestejä ei ole pyritty eikä pystytty tekemään niin, että peräkkäisten vuosien tulokset olisivat keskenään täysin vertailukelpoisia. Näistä haasteista huolimatta kuvassa 9 on vertailtu sileällä jäällä ja lumipolanteella tehtyjä jarrutusmatkakokeita vuosina 1990-2011. Rengastestit pitävät sisällään hyvin erityyppisiä kokeita ja testejä, mutta suoritustekniikaltaan jarrutusmatkamittaukset ovat verrannollisimpia ja perinteisimpiä testejä. Koska jarrutusmatkamittaukset tehdään ulkona, sääolosuhteita ei ole voitu vakioida. Tämä johtaa siihen, että jos esim. vuonna 2008 jäätellit on tehty keskimäärin kylmemmillä keleillä kuin vuonna 2010, kitka- ja nastarenkaiden erot sileän jään jarrutusmatkamittauksissa ovat pienemmät vuonna 2008 kuin vuonna 2010 (kitkarengas pitää selvästi paremmin kylmällä pakkaskelillä). Vuosien saatossa testaajat ovat yrittäneet kuitenkin pienentää tämän ilmiön vaikutusta siten, että kun 1990-luvun alussa sileän jää jarrutusmatkan mittaukset tehtiin joka renkaalle vain kerran, 2000-luvulla jarrutusmatkat laskettiin jo useamman, erilaisilla säillä tehtyjen sileän jään testien perusteella.



Kuva 9. Tekniikan Maailman talvirengastestien 5 parhaan nasta- ja kitkarenkaan jarrutusmatkojen keskiarvo sileällä jäällä ja lumipolanteella 1990-2011 (vain 3 parasta rengasta 1992-96 renkaiden vähäisestä määrästä johtuen). Sileän jään jarrutusmatkat on mitattu lähtönopeudesta 50 km/h ja lumipolanteen jarrutusmatkat nopeudesta 80 km/h. Kaikki lumipolanteella tehtyt jarrutusmatkamittaukset on tehty ABS-jarruin. Sileän jään jarrutusmatkamittaukset tehtiin vuonna 1990 lukkojarrutuksena, 1992-1996 eturenkaiden lukkojarrutuksena ja vuodesta 1998 lähtien ABS-jarruin. Vuonna 1994 ei julkaistu lainkaan kitkarenkaita koskevia testejä.

Tekniikan Maailman talvirengastesteissä painotetaan renkaiden käyttäjän turvallisuutta ja ajomukavuutta. Painotukset ja arvosteluperusteet ovat vaihdelleet vuosien saatossa, mutta parhaiden kitka- ja nastarenkaiden välinen ero on testaajien antaman yleisarvosanan puitteissa pysynyt lähes vakiona (kuva 10).



Kuva 10. Tekniikan Maailman talvirengastestien yleisarvosanat parhailla nasta- ja kitkarenkailla 1992-2011. Kolme parasta rengasta vuosina 1992 ja 1996, myöhemmin viisi parasta rengasta. Vuonna 1994 ei julkaistu kitkarenkaiden testiä. Arvosteluperusteet ja painotukset ovat muuttuneet vuosien saatossa.

Vuosina 1990-2006 testeistä vastasi pitkään Testworld Oy:n toimitusjohtajanakin toiminut Timo Mäkelä. Hän totesi nasta- ja kitkarenkaiden eroista mm. seuraavaa:

- 1990: "Kitkarenkaat ovat parantuneet vuosi vuodelta. Tällä hetkellä kitkarenkaiden pitokyky jäällä on suorastaan hämmästyttävän hyvä. Toisaalta, kun kitkarenkaalla pitokyky menetetään, ohjattavuus ja auton hallinta katoavat täydellisesti. Nastarenkailla kuljettaja voi vielä tehdä jotakin luistamisen alettuakin (Mäkelä 1990)."

- 1992: "Tulokset puoltavat nastarenkaiden käyttöä. Kitkarenkaiden kehitys on viime vuosina ollut nopeata. Vielä ne eivät kuitenkaan ole sillä tasolla, että ne tarjoaisivat kunnollisen vaihtoehdon nastarenkaiden suomalle varmuudelle (Mäkelä 1992)."

- 1994: "Monet ovat olleet jo valmiit hautaamaan nastarenkaat vanhanaikaisina, meluavina ja tietä kuluttavina. Nyt näyttää kuitenkin siltä, että nastattomien renkaiden kokeilijat ovat palaamassa nastojen käyttäjiksi (Mäkelä 1994)." (Kyseisenä vuonna ei kitkarenkaita ollut mukana talvirengastestissä lainkaan).

- 1996: "Näyttää siltä, että nasta- ja kitkarenkaat lähestyvät toisiaan ominaisuuksiltaan... Renkaan lukkiutuminen merkitsee kitkarenkaalla suurempaa pidon menetystä kuin nastarenkaalla (Mäkelä 1996)." (Jälkimmäinen havainto selittää pitkälle nasta- ja kitkarenkaiden testitulosten suurta eroa 1990-92, jolloin jarrutusmatkatestit jäöpinnalla tehtiin lukkojarrutuksella).

- 1998: "Optimaalisin ratkaisu oli kesällä kesärenkaat, siirtymäkaudella nastattomat ja keskitalvella nastarenkaat... Kitkarenkaalla ajavan on syytä olla kokenut ja harkitseva kuljettaja. Kavalinta asiassa on, että kitkarengas pitää useimmissa ajo-olosuhteissa nastarengasta paremmin, mutta tosi vaikeissa olosuhteissa sillä on ajettava huomattavasti nastarengasta varovaisemmin. Nastojen suurin etu jääpidon ohella on selvä parannus auton hallittavuuteen sen jouduttua luistoon (Mäkelä 1998)."

- 2002: "Hyvä talvirengas ei ole kesärengas. Kesäominaisuuksista on jouduttu tinkimään, jotta renkaalle saadaan kunnon talviominaisuudet. Paras kitkarengas on velto sulalla asfaltilla eikä väistökokeessa tahdo millään ohjautua kunnialla esteen ohi (Antila ja Mäkelä 2002)."

- 2004: "Näyttää siltä, että kitkarenkaan kulta-ajat ovat takanapäin ja niiden osuus on laskemassa. Testin lopputuloksista voi päätellä, että nastarenkaat ovat kokonaisuutena paremmat. Näin ei kuitenkaan ole aivan yksiselitteisesti. Kitkarenkailla on paljon hyviä ominaisuuksia. On vain tiedettävä mitkä kitkarenkaat ostaa. Kitkarengas ei ole aloittelevan autoilijan rengas, mutta palvelee erinomaisesti kokenutta ja harkitsevaa autoilijaa. Usein kuulee kitkarenkaan valintaperusteeksi sen, että ajosta suurin osa tapahtuu kaupungissa ja paljailla päteillä. Toisaalta juuri näillä ajopinnoilla esiintyy eniten kitkarenkaille kohtalokasta hioutunutta jääpintaa. Parhaiten kitkarenkailla tulee toimeen harvaan asutuilla seuduilla ja pienemmillä teillä (Antila ja Mäkelä 2004).

Vuodesta 2006 lähtien Testworld Oy:n tekninen johtaja, DI Jukka Antila on vastannut testeistä. Hän on todennut nasta- ja kitkarenkaiden eroista seuraavaa:

- 2006: "Vaikka kauppias väittäisi mitä tahansa, nastarengas pitää kitkarengasta selvästi paremmin liukkaalla kelillä. Melutasoltaan kitkarengas taas on ylivoimainen. Muiden ominaisuuksien suhteen ei ole juurikaan väliä sillä, löytyykö renkaasta nastat vai ei (Antila 2006B)."

- 2008: "Puhtaasti turvallisuuskulmasta asiaa lähestyttäessä nastarengas on ylivoimainen. Kitkarengas ei missään olosuhteissa ole systemaattisesti nastarengasta parempi, ei edes asfaltilla, vaikka siltä voisi aluksi tuntuakin. Nastarenkaan valttina on parempi turvallisuus kaikkein liukkaimmilla keleillä (Antila 2008)."

- 2010: "Asfaltilla nastarenkaat olivat kaikissa pitoa ja ajettavuutta mittaavissa kokeissa keskimäärin kitkarenkaita parempia. Pohjoismaiden olosuhteisiin suunnitelluissa kitkarenkaissa valmistajan on käytettävä sellaisia rakenteita ja materiaaleja, joilla jää ja lumipito saadaan maksimoitua. Valitettavasti tämä tarkoittaa väistämättä asfalttiominaisuuksien heikkenemistä. Nastarenkaiden kulutuspinna on usein hieman kovempi, mikä auttaa nastojen toiminnan lisäksi sulan kelin ominaisuuksissa. Kyse on vain siitä miten optimointi tehdään. Parhailla laaturenkailla tätä vastakkaisten ominaisuuksien summaa pystytään nostamaan, mutta kokonaan ongelmasta ei päästä millään eroon. Mitä karkeampi ja kylmempi tienpinta on, sitä paremmin kitkarengas pitää ja ero nastarenkasiin supistuu. Mutta kaikkein liukkaimmissa ja vaikeimmissa olosuhteissa nastarengas on ylivoimainen (Antila 2010)."

2011: "Lähtökohta on, että nastarenkaan jonkin verran lisääntyneen melun vastikkeeksi saa turvallisemman renkaan. Myös tutkimustulokset osoittavat, että kitkarenkailla ajavan onnettomuusriski on korkeampi. Tämä tosiasia on syytä ottaa vakavasti. Toisaalta nykyiset kitkarenkaat ovat hämmästyttävän hyviä myös liukkaammilla keleillä. Ennakoiva, kelin ja pitotason rajoitukset ymmärtävä ajaja pärjää kitkarenkailla mainiosti koko talven ja saa kaupan päälle vielä ajomukavuutta (Antila 2011)."

Talvirengastesteissä on ollut ajoittain yksittäisiä ns. keski-eurooppalaisia kitkarenkaita, jotka on suunniteltu Keski-Euroopan olosuhteisiin ja korkeampiin talvinopeuksiin. Tällaiset renkaat ovat poikkeuksetta sijoittuneet aina testien hännille. Siten kuvassa 9 esitettyjen kärkipään kitkarenkaiden joukossa ei ole ollut ainuttakaan ns. Keski-Euroopan kitkarengasta. Erityishuomion ansaitsee vuoden 2008 talvirengastesteissä ollut Goodride-merkkinen Keski-Euroopan kitkarengas. Rengas vastasi ominaisuuksiltaan kesärengasta, mutta koska renkaassa oli M+S merkintä, se oli myös Suomessa laillinen kitkarengas. Kyseisellä renkaalla jarrutusmatka jäällä oli 190 metriä (kitkarenkaiden kärkiviisikolla 61,5 metriä) ja lumella 129 metriä (kitkarenkaiden kärkiviisikolla 59,4 metriä). Rengas

oli niin huono, että sama rengas oli myös kesärengastestissä jäänyt testin viimeiseksi (Antila 2008).

Vuoden 2000 testiin oli otettu vertailun vuoksi mukaan Nokian käytetty nastarengas. Nastarengas näytti päällisin puolin hyvältä, eturenkaiden kulutuspinnoista oli lähtenyt 2 mm ja takarenkaiden 1 mm. Silti uudet kitkarenkaat olivat käytettyä nastarengasta hieman parempia sekä jäällä että lumella (Mäkelä 2000).

Vuoden 2010 testiin oli otettu mukaan "tunnettujen valmistajien" kuluneet kitka- ja nastarenkaat. Kulunut kitkarengas osoittautui näissä testeissä hieman paremmaksi kuin kulunut nastarengas (taulukko 5). Antilan mukaan "loppuun kuluneella nastarenkaalla ei jäällä ole juuri käyttöä, kun nastat eivät toimi lainkaan. Kuluessaan kitkarengas pystyy yhä tarjoamaan edes jonkinlaista pitoa rakenteensa ansiosta. Nastarenkaan jääpito on sen sijaan suunniteltu toimimaan nastojen varassa ja kun niistä ei ole apua, eivät kulutuspinna ja mahdollisesti kovempi kumiseos pysty paikkaamaan nastojen puuttumista (Antila 2010)."

Taulukko 5. Kuluneiden kitka- ja nastarenkaiden jarrutusmatkat sileällä jäällä ja lumipolanteella (Antila 2010).

	Jarrutusmatka sileällä jäällä alkunopeudesta 50 km/h (m)	Jarrutusmatka lumipolanteella alkunopeudesta 80 km/h (m)
Kulunut kitkarengas, urasyvyys 6mm	77,5	60,1
Kulunut nastarengas, urasyvyys 6 mm	80,3	61,6
Kulunut kitkarengas, urasyvyys 3mm	90,7	65,9
Kulunut nastarengas, urasyvyys 3mm	97,4	66,9

Tekniikan Maailma julkaisi vuonna 2006 hieman erilaisen rengastestin (Antila 2006 A). Toimittajat olivat todenneet, että kesäliikenteessä ajetaan varsin erilaisella renkailla: mukana on niin erilevyisiä kesärenkaita, kitkarenkaita kuin myös nastarenkaita, joista nastat on nypitty pois. Kaikki nämä renkaat ovat kuitenkin laillisia. Testworld teki tämän johdosta erilaisen kesärengastestin, jossa vertailtiin erilaisia kesärengastyyppejä (taulukko 6). Antilan mukaan "testin selvin tulos oli se, että talvirenkaat kannattaa lopullisesti hylätä silloin, kun niiden talvipito on selvästi heikentynyt. Kesäkäyttöön niistä ei enää siinä vaiheessa ole". Testin mukaan kulunutkin kesärengas oli kesäkeleillä selvästi parempi, kuin vastaavasti kulunut nastaton talvirengas.

Taulukko 6. Erilaisten rengastyyppeiden suorituskky kesärenkaina (Antila 2006A).

Renkaan tyyppi	Renkaan merkki	Urasyyvyys (mm)	ABS jarrutusmatka (80 km/h-> 0 km/h) märällä asfaltilla (m)	Yleisarvosana
Leveä uusi kesärengas	Continental Sport	8	23	9,2
Keskikokoinen uusi kesärengas	Vredestein	8	23,9	9
Keskikokoinen uusi kesärengas	Hankook	7	25,3	7,9
Kapea uusi kesärengas	Nokian i3	8	25,3	8,4
Leveä uusi kesärengas	Fullrun	7	26,1	6,6
Käytetty keskikokoinen kesärengas	Bridgestone	4	26,4	7
Käytetty keskikokoinen kesärengas	Continental prem.	3	26,8	7,3
Kapea uusi kesärengas	Ambassador	7	27,1	7,5
Käytetty nastarengas, josta nastat nypitty	Nokian Hakkapeliitta 2	5	31	5,6
Käytetty kitkarengas	Nokian Hakkapeliitta Q	5	31,9	4,8

Tämän selvityksen tekijä haastatteli myös erikseen Jukka Antilaa liittyen nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroihin paljailla talvikeleillä. Antila totesi yhteenvedonomaaisesti, että "periaatteessa nastarenkaat ovat yleensä jonkin verran kitkarenkaita (alhaisen nopeusluokan renkaat) jäykemmät -> niiden pito ja ajettavuus, eli käytännössä turvallisuus on asfaltilla keskimäärin parempi. Se on mittauksin todennettu useampaan kertaan. Merkki- ja mallikohtaiset erot ovat kuitenkin suuria, eli löytyy sekä hyviä "asfalttikitkarenkaita" että pehmeitä nastarenkaita (Antila 2010B)."

5. Nastarenkaiden vähentämisen vaikutus liikenneturvallisuuteen

Luvun 4 tutkimukset keskittyivät nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroihin, mutta eivät vielä ottaneet suoraan kantaa siihen, miten nastarenkaiden vähentäminen vaikuttaa liikenneturvallisuuteen. Tässä luvussa käsitellään tutkimuksia, jotka pohtivat asian tätä puolta.

5.1 Ruotsalainen tutkimus

Ruotsissa VTI:n kokeneet liikenneturvallisuustutkijat Gudrun Öberg ja Staffan Möller saivat Ruotsin tieviranomaisilta alkuvuonna 2009 tehtäväkseen arvioida nastarenkaiden vähentämisen vaikutuksia Ruotsissa (Öberg & Möller 2009). Lisäksi heidän tuli selvittää, voidaanko nastarenkaiden vähentämistä kompensoida talvihoitoa tehostamalla. Jostain syystä he saivat selvityksen tekoon aikaan vain yhden kuukauden, joten selvitys pohjautui täysin olemassa olevan tutkimustiedon soveltamiseen.

Liikenneturvallisuusanalyysi oli yksinkertaistettuna seuraavanlainen:

- ensin selvitettiin miten kitkarenkaiden onnettomuusriski poikkesi nastarenkaiden onnettomuusriskistä talvikeleillä
- sitten arvioitiin kuinka paljon talvikelejä Ruotsissa on
- tämän jälkeen laskettiin arviot onnettomuusmäärän kasvusta

Kitka- ja nastarenkaiden onnettomuusriskierot pohjautuivat vanhoihin 1990-luvun tutkimuksiin, joita hieman korjailtiin tuoreiden rengastestien tuloksilla. Analyysin lähtöarvot on esitetty taulukossa 7, joka kertoo miten paljon nastarengas, pohjoismainen kitkarengas ja keski-eurooppalainen kitkarengas laskevat onnettomuusriskiä talvikelillä verrattuna kesärenkaaseen. Merkintä "Is/snö" tarkoittaa kaikkia talvikelejä. "Tunn is" on taas luonteeltaan "mustaa jättä". Näissä lähtötiedoissa oli merkittävää se, että keski-eurooppalaisen ja pohjoismaisen kitkarengaan välillä nähtiin merkittävä liikenneturvallisuusero. Mainittakoon lisäksi, että taulukon 2 lukuja sovellettiin maanteilla. Raportissa mainitaan lisäksi, että taajamissa talvirenkaiden turvallisuusvaikutus on 5 %-yksikköä pienempi, eli taajamissa taulukon 2 lukuihin tulee lisätä 0,05.

Taulukon 7 luvuista voidaan edelleen johtaa, että kaikilla talvikeleillä nastarenkaat ovat 5 % turvallisemmat kuin pohjoismaiset kitkarenkaat, mutta jopa 21 % turvallisemmat kuin keski-eurooppalaiset kitkarenkaat. Tuo 5 % on lähellä lukua, mihin myös päädyttiin norjalaisessa Liikenneturvallisuuden käsikirjassa (Luku 4.3).

Taulukko 7. Eri rengastyyprien suhteelliset riskit eri keleillä. Esimerkiksi luku 0,60 ensimmäisellä rivillä tarkoittaa, että nastarengas vähentää onnettomuusriskiä talvikelillä 40 % kesärenkaaseen verrattuna sen jälkeen, kun renkaiden riski on asetettu samaksi paljaalla kelillä (Öberg & Möller 2009)

Trafiksäkerhetseffekt på statliga vägar	Is/snö	Tunn is
○ halka/barmark (dubbdäck : sommardäck)	0,60	0,60
○ halka/barmark (Nordiskt vinterdäck : sommardäck)	0,63	0,68
○ halka/barmark (Europeiskt vinterdäck : sommardäck)	0,76	0,80

Tuloksia tarkastellessa esitettiin erilaisia skenaarioita nastarenkaiden , pohjoismaisten kitkarenkaiden ja keski-eurooppalaisten kitkarenkaiden vaihtelevien suhteiden pohjalta (taulukko 8). Loppupäätelmiin nostettiin keskeisimpänä skenaariona taulukon tilanne 50-25-25, eli tilanne, jossa nastarenkaita käyttävien osuus laskee 70 %:sta 50 %:iin ja puolet kitkarenkaita käyttävistä valitsee keski-eurooppalaisen kitkarenkaan. Tällöin maanteilla kuolee talvikautena 1,8 henkeä enemmän ja vaikeasti loukkaantuneita on 13,1 henkeä enemmän.

Taulukko 8. Muuttuneen nastarenkaiden käyttöosuuden vaikutus onnettomuuksiin kaikilla talvikeleillä ja jääkeleillä. D=nastarenkaat, N=pohjoismaiset kitkarenkaat, E=keskieurooppalaiset kitkarenkaat. Ylin rivi suhteilla 70-15-15 kuvasi tutkimushetken tilannetta.

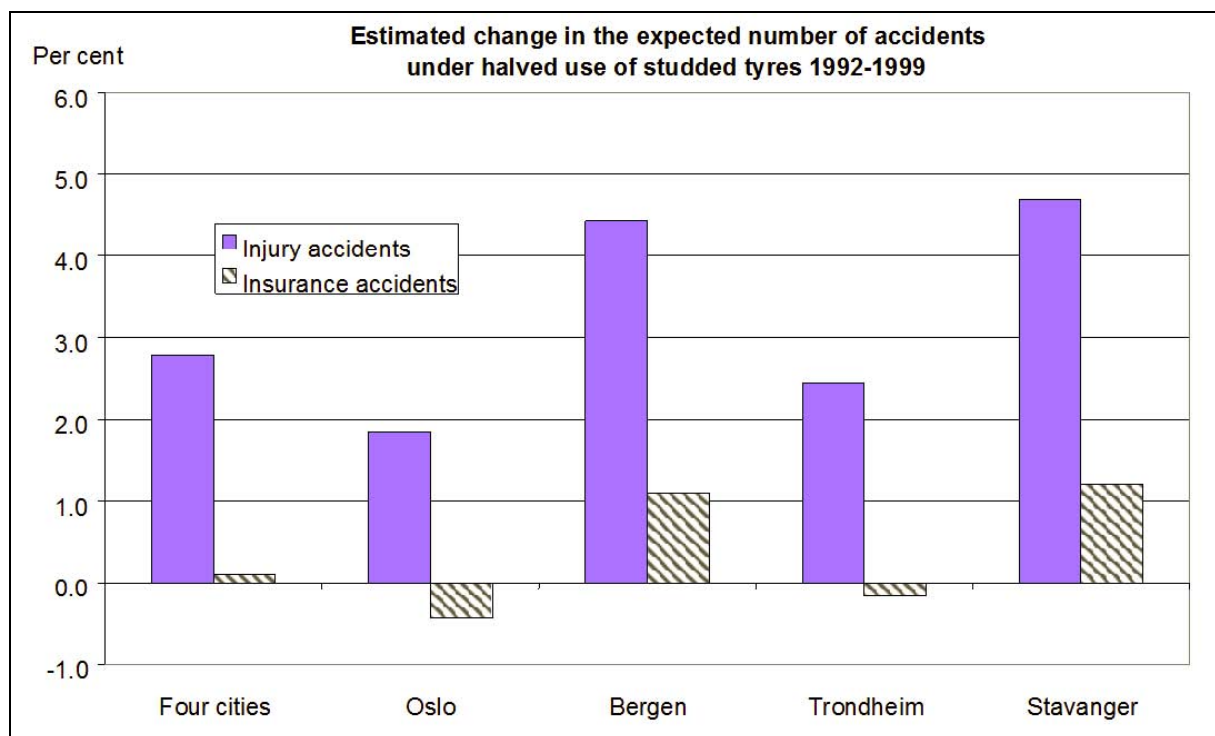
Däckkombinationer D-N-E	Is/snövägslag			Is		
	Antal personskade- olyckor	Antal döda personer	Antal svårt skadade personer	Antal personskade- olyckor	Antal döda personer	Antal svårt skadade personer
70-15-15 (faktisk)	1860	59	437	854	21	207
Nedan anges skillnader till ovanstående faktiska utfall vintern 2005/06						
100-0-0	-84,6	-2,7	-19,9	-56	-1,4	-13,6
50-25-25	56,0	1,8	13,1	37,1	0,9	9,0
50-50-0	-40,2	-1,3	-9,4	-2,8	-0,1	-0,7
50-0-50	152,1	4,8	35,7	77,0	1,9	18,7
20-40-40	140,3	4,4	33,0	93,0	2,3	22,5
20-80-0	-13,6	-0,4	-3,2	29,1	0,7	7,1
20-0-80	294,2	9,3	69,1	156,8	3,9	38,0

Öberg ja Möller totesivat lisäksi, ettei millään järkevällä talvihoidon tehostamisella voida kokonaan poistaa kitkarenkaiden negatiivisia liikenneturvallisuusvaikutuksia. Jos talvihoidon tasoa nostetaan 13 000 kilometrillä (2/3 suolattavasta tieverkosta), pystytään puolittamaan nastarenkaiden vähentämisestä aiheutuvat lisäonnettomuudet tilanteessa, jossa nastarengasosuus laskee tasolle 50 %.

5.2 Norjalaisia tutkimuksia

Norjassa Lasse Fridström tutki vuonna 2000 melko laajasti Norjan nastattoman liikenteen liikenneturvallisuusvaikutuksia (Fridström 2000). Arvioidensa taustaksi Fridström teki laajahkon kirjallisuustutkimuksen nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroista. Aiempien tutkimusten perusteella Fridström totesi, että kitkarenkailla ajavilla oli hieman nastarenkaita ajavia korkeampi onnettomuusriski. Fridströmin arvioiden mukaan nastarenkaiden käytön puolittaminen lisää kohdekaupungeissa muutamia prosentteja henkilövahinko-onnettomuuksia, mutta vaikutus omaisuusvahinko-onnettomuuksiin on tuskin havaittava (kuva 11).

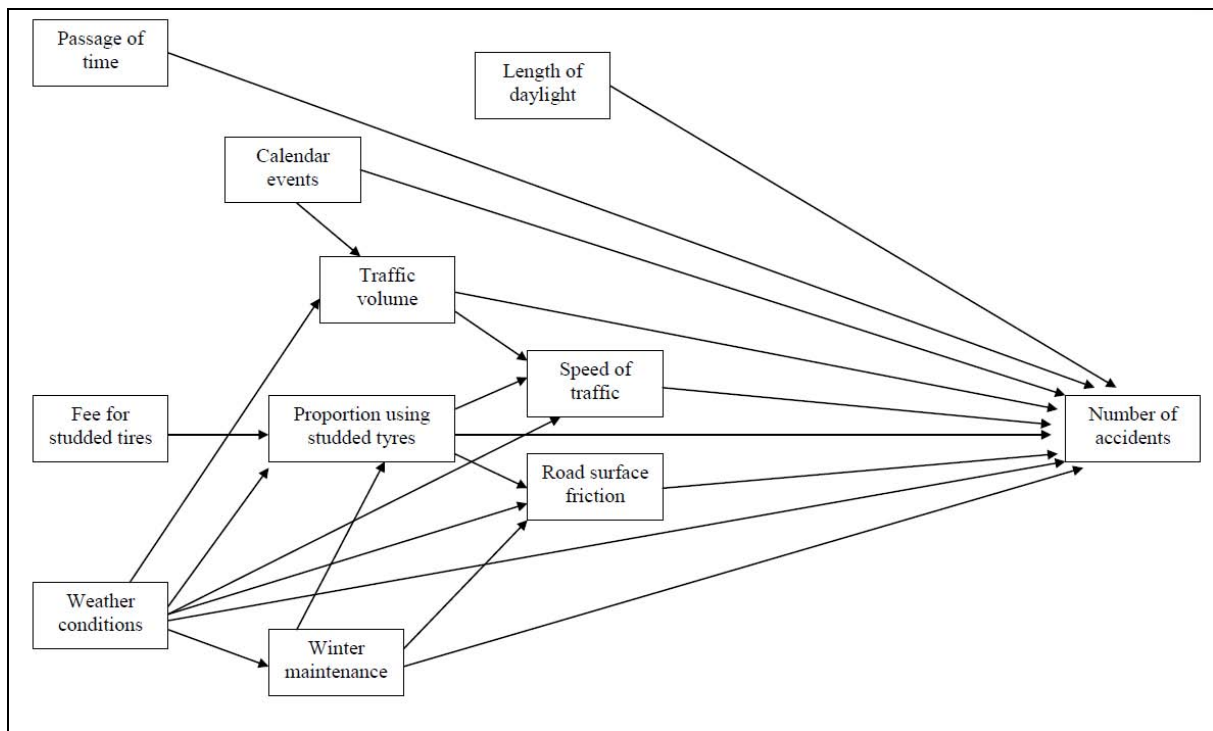
Lienee syytä huomauttaa, että Fridströmin arvioimat onnettomuusvaikutukset ovat huomattavasti suuremmat kuin norjalaisen Liikenneturvallisuuden käsikirjan arviot. Esim. Bergenissä oli Fridströmin tutkimuksen aikaan jo 60% kitkarenkaiden käyttäjiä, joten Fridströmin arvion mukaan pelkästään sillä, että 20% kuljettajista siirtyy nastoista kitkoihin, hvj-onnettomuudet kasvavat 4 %. Koska norjalaisen liikenneturvallisuuden käsikirjan mukaan kitka- ja nastarenkaiden turvallisuusero olisi kaikilla keleillä 4 %, edellyttäisi käsikirja, että 4 %:n onnettomuuskasvuun päästään vain, jos kaikki käyttävät aluksi nastarenkaita ja siirtyvät sitten kaikki kitkarenkaiden käyttäjiksi.



Kuva 11. Arvio nastarengasosuuden puolittamisen vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen neljässä Norjan kaupungissa (Fridström 2000).

Keväällä 2011 päätettiin Tøi-instituutissa tarkistaa Fridströmin laskelmia tuoreiden onnettomuustilastojen pohjalta sen jälkeen, kun ruotsalaiset olivat toistuvasti pyytäneet norjalaisilta päivitettyjä onnettomuuslaskelmia (Elvik & Kaminska 2011). Ansiokas raportti pääsi hyvin samanlaisiin tuloksiin Fridströmin aiempien laskelmien kanssa (eli onnettomuusvaikutukset ovat huomattavasti suurempia kuin norjalaisen liikenneturvallisuuden käsikirjan arviot).

Perusteellisessa meta-analyysissä pyrittiin ottamaan huomioon mahdollisimman laajasti talviajan liikenneturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä (mm. säätiedot), jotta esim. pelkkä talvien erilaisuus ei selittäisi havaittuja turvallisuusmuutoksia. Tekijät pahoittelivat kuitenkin sitä, ettei käytävissä ollut tietoa kunnossapitotoimenpiteistä ja kunnossapidon tason tarkoista muutoksista. Tekijät pitivät ilmeisenä, että kunnossapidon tasoa oli nostettu kaikissa vertailun kaupungeissa Trondheimia lukuun ottamatta, mutta eivät pystyneet arvioimaan kunnossapidon tason nousun onnettomuuksia laskevaa vaikutusta. Tekijät totesivatkin, että tarkkaan ottaen heidän raportissaan on tutkittu nastarenkaiden käytön vähentämisen ja kunnossapidon parantamisen yhteisvaikutuksia. Raportissa esitettiin varsin ansiokas kuva, joka kertoo rengasturvallisuuden arvioinnin ongelmakentästä (kuva 12).

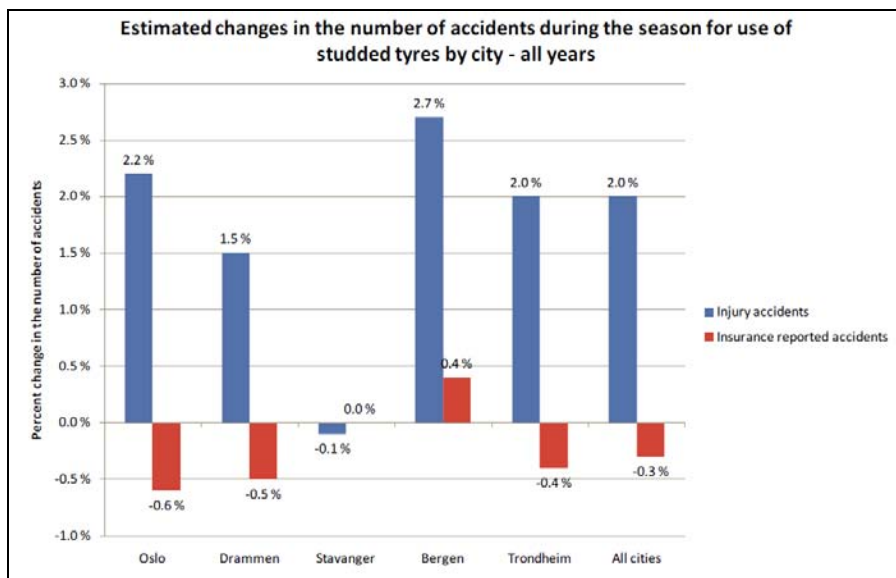


Kuva 12. Talviajan liikenneturvallisuuden kausaalisuhteita (Elvik & Kaminska 2011)

Elvik ja Kaminska toivat raportissaan esille nastarenkaiden osuuden vähentymisen viidessä kaupungissa (kaikki kaupunkia, joissa nastarenkaiden käyttöä oli rajoitettu) (taulukko 9) sekä kaupunkikohtaiset arviot nastarenkaiden vähentymisen vaikutuksista liikenneonnettomuuksiin (kuva 13). Tekijöiden mukaan liikenneturvallisuusarviot olivat kuitenkin "kaukana tilastollisesta luotettavuudesta" ja oli lähes yhtä todennäköistä, ettei nastarenkaiden rajoittaminen vaikuttanut mitenkään liikenneturvallisuuteen.

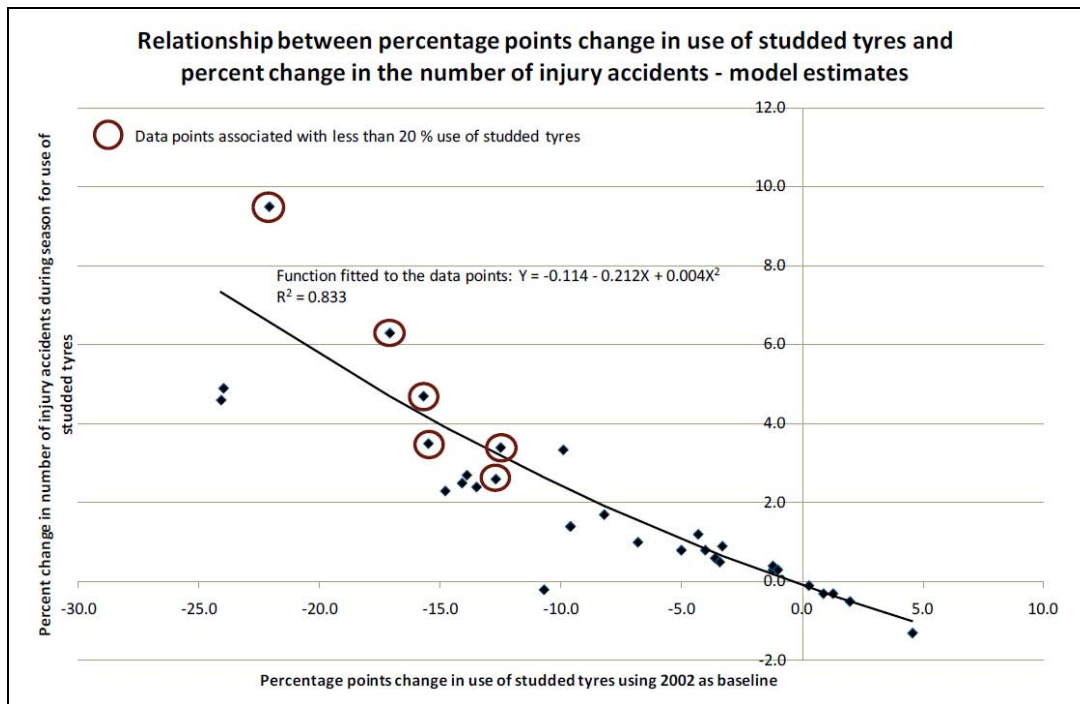
Taulukko 9. Nastarenkaiden käyttö viidessä norjalaisessa kaupungissa 2002-2009 (Elvik & Kaminska 2011). Mittaukset on tehty joka vuosi helmikuun toisella viikolla.

Percent of cars using studded tyres in each city – second week of February					
Year	Oslo	Drammen	Stavanger	Bergen	Trondheim
2002	32.0	40.1	28.8	31.1	44.5
2003	28.4	41.3	29.1	32.4	41.1
2004	28.0	33.7	27.8	26.8	39.5
2005	23.8	29.4	29.7	29.9	37.7
2006	19.3	25.3	30.8	27.8	34.9
2007	19.5	26.2	27.6	21.2	30.4
2008	16.2	26.6	33.4	9.9	20.5
2009	16.5	30.5	27.8	14.0	20.4



Kuva 13. Arviot taulukon 4 mukaisten nastarengasosuuksien muutosten vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen (Elvik & Kaminska 2011).

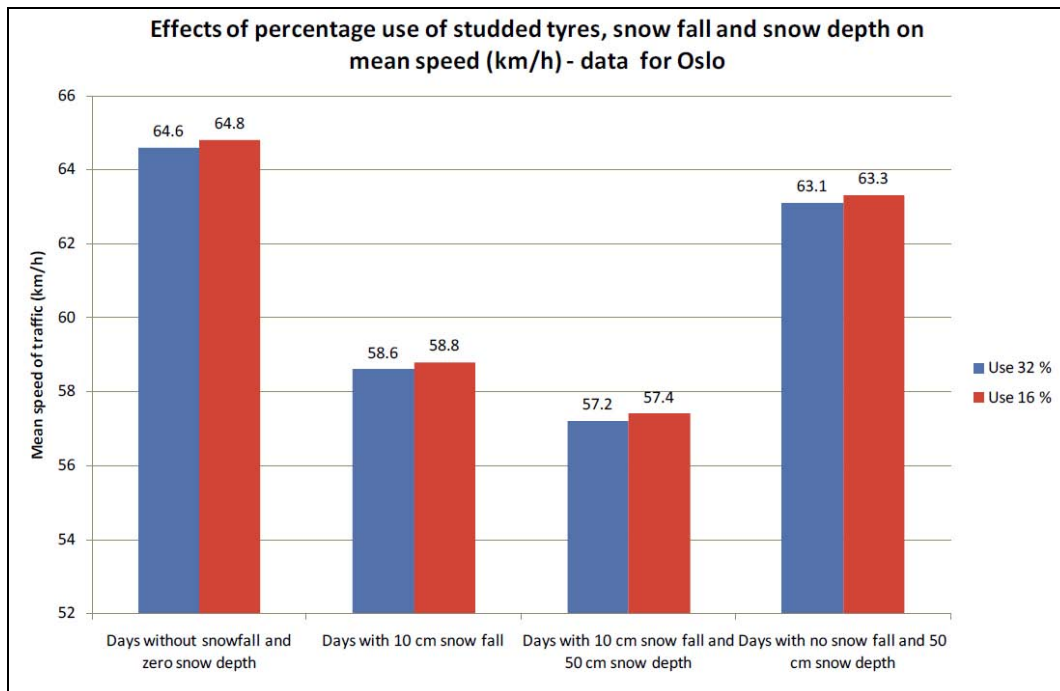
Elvikin ja Kaminskan raportin keskeisin tulos on esitetty kuvassa 14. Kuvan mukaan yhteys nastarengasosuuden ja liikenneonnettomuuksien muutoksen välillä on lähes lineaarinen. Mikäli nastarengasosuus laskee alle 20%:n, uskotaan liikenneturvallisuuden kuitenkin heikenevän merkittävästi, koska nastarenkaiden vähäisen määrän vuoksi kovien jää- ja lumipintojen karheutuminen jää hyvin vähäiseksi.



Kuva 14. Nastarengasosuuden muutoksen ja liikenneturvallisuuden yhteys nastarenkaiden käyttökauteina. Aineistona norjan 5 kaupunkia kaikkina vuosina 2002-2009 (Elvik & Kaminska 2011).

Elvik ja Kaminska halusivat tutkia myös kitkarenkaiden vaikutuksia ajonopeuksiin vertailemalla liikenteen keskinopeuksia talvikeleillä Oslissa nastarengasosuuksilla 32 % ja 16 %. Selvisi, että vastoin odotuksia liikenteen keskinopeudet olivat kasvaneet (kuva 15). Elvik ja Kaminska tarjosivat nopeuden kasvuun seuraavanlaisia selityksiä:

- koska nastarenkaat irrottavat päällysteestä erilaisia ainesosia, ne myös vaikuttavat siihen, miten likaista kuravettä roiskuu ajoneuvojen ikkunoihin. Lika vähenee nastarenkaiden vähenemisen myötä, näkyvyys paranee ja nopeudet kasvavat.
- etenkin paljailla keleillä nastarenkaat pitävät usein kovaa ääntä ja antavat entistä voimakkaamman vaikutelman siitä, että auto liikkuu kovaa vauhtia. Sen vuoksi nastarenkailla ajetaan hiljempaa.
- kitkarenkaat ovat kehittyneet niin voimakkaasti, että kun verrattiin toisiinsa vuosien 2002 ja 2009 liikennettä, niin vuoden 2002 nastarenkaat eivät juuri eronneet ominaisuuksiltaan vuoden 2009 kitkarenkaista.



Kuva 15. Liikenteen keskinopeus Osllossa eri keleillä nastarenkaiden käyttöasteilla 32 % ja 16 % (Elvik ja Kaminska 2011).

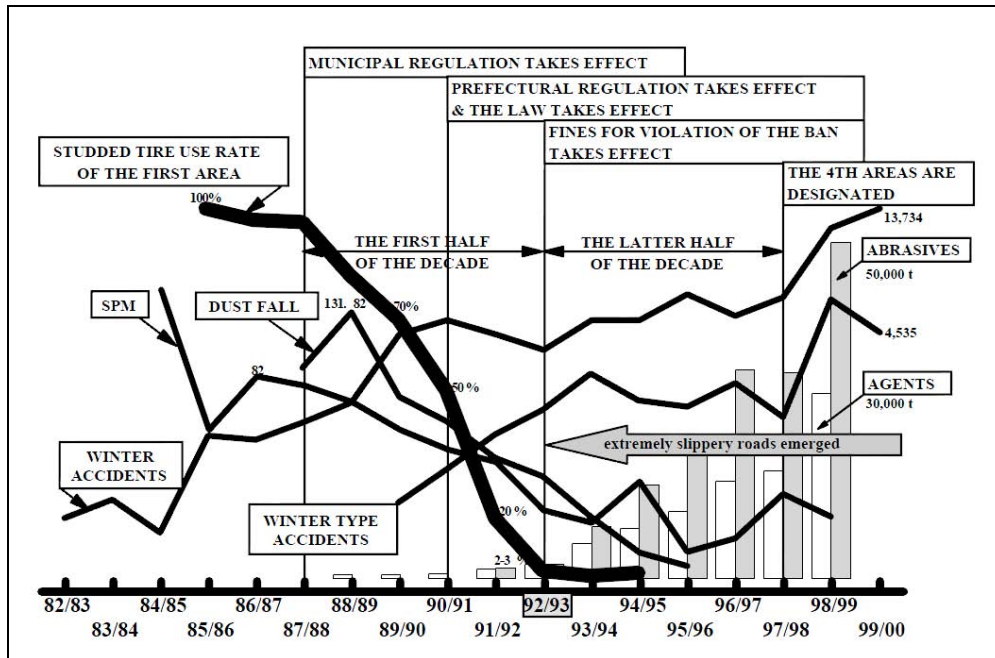
Elvik ja Kaminska esittävät tutkimuksessaan lisäksi muutamia mielenkiintoisia pohdintoja. He tuovat esille, että esim. tilanteessa, jossa 30 % kuljettajista käyttää vielä nastarenkaita, käyttäjät ovat todennäköisesti niitä, jotka tarvitsevat eniten nastarenkaita. Tällöin katsottaisiin, että näihin käyttäjiin liittyy persoonallisia tekijöitä, jotka nostavat heidän onnettomuusriskiään. Jos tässä tilanteessa saadaan nastarenkaiden ja kitkarenkaiden käyttäjien välille sama onnettomuusriski, pitäisikö tulosta tulkita siten, että kitkarenkaiden käyttäjien onnettomuusriski on tavallaan kohonnut nastarenkaiden käyttäjien tasolle? Tämä ajatusmalli perustuu kuitenkin hyvin vahvoille oletuksille. Lähes yhtä hyvin voisi päätellä, että nastarenkaiden käyttäjät ovat niitä, jotka ovat liikenteessä kaikkein varovaisimpia, jolloin lähtökohtaisesti heidän onnettomuusriskinsä olisi hyvin alhainen.

Elvikin ja Kaminskan raportin eräs keskeinen puute oli se, että tutkimuksessa selvitettiin vain muutaman kaupungin liikenneturvallisuutta. Olisi ollut mielenkiintoista lukea, miten muutokset ovat vaikuttaneet laajemman alueen liikenneturvallisuuteen.

5.3 Japanilaisia tutkimuksia

Kuten luvussa 4.1 mainittiin, Japanissa Hokkaidon saarella ruvettiin voimakkaasti rajoittamaan nastarenkaiden käyttöä 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa ilmanlaatuun liittyvien ongelmien vuoksi. Tässä yhteydessä nastarenkaita käyttävien osuus laski hyvin lyhyessä ajassa 90 %:sta aina 10 %:iin. Japanilaisten kansainvälisillä foorumeilla esittämät katsaukset Hokkaidon talviajan liikenneturvallisuuskehityksestä eivät ole olleet kovin syvällisiä ja siksi ruotsalaiset ja norjalaiset tutkijat ovat pyrkineet itse analysoimaan Japanin toimenpiteiden turvallisuusvaikutuksia Japanista saamansa lähdeaineiston turvin. Kansainvälisessä artikkelissaan "Recent Situation of Winter Road Management and Traffic Accidents in Hokkaido" japanilaiset tutkijat tyytyivät toteamaan, että talviliikenteen onnettomuudet lisääntyivät vuosien 1989 ja 1999 välisenä aikana 20%, mutteivät kerro mitään liikennesuorituksen tai kesäajan onnettomuuksien

kehityksestä vastaavana ajanjaksona. He kuitenkin mainitsivat että talviajan liikennekuolemat eivät ole juuri muuttuneet em. aikavälillä. Lisäksi ajonopeudet talvikeleillä ovat pysyneet muuttumattomina. He kuitenkin tuovat esiin hyvän kokonaisesityksen Hokkaidon tilanteesta (kuva 16), josta käy ilmi, että kun nastarenkaiden käyttöaste laski 30-40 %:iin, tiet tulivat oleellisesti liukkaammiksi ja hiekoituksen sekä suolauksen (abrasives ja agents) määrä lisääntyi dramaattisesti.

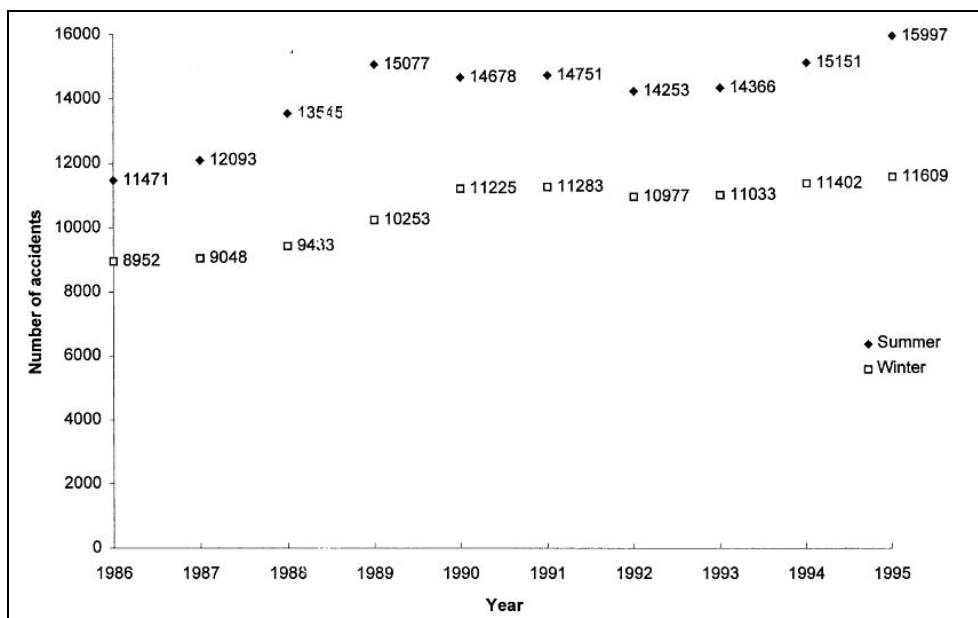


Kuva 16. Hokkaidon talviliikenteen trendejä 1982-2000. (Asano ym. 2000). Ilmaisulla "winter type accidents" viitataan onnettomuuksiin, joihin on liittynyt ajoneuvon luisuminen (skidding), tien uraisuus tai huono näkyvyys.

Norjalainen H. Hvorslef arvioi vuonna 1997, että Hokkaidon eri toimenpiteet lisäsivät 6 % talviajan onnettomuuksia. Hänen näkemyksensä mukaan vaikutuksia voi parhaiten arvioida kesäajan onnettomuuskehityksen näkökulmasta kaavalla:

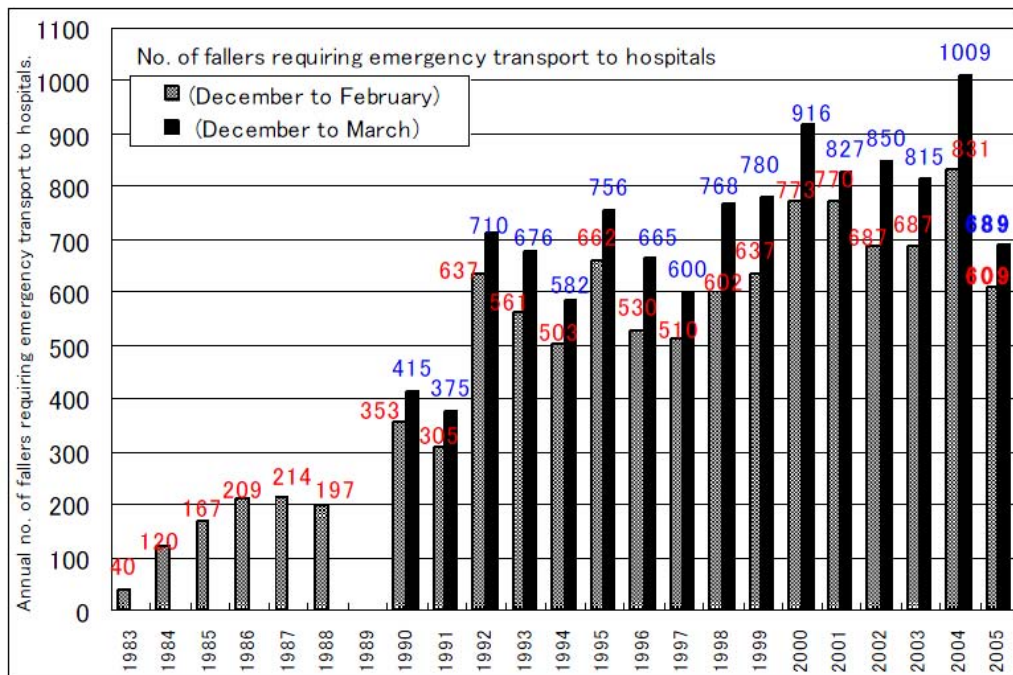
$$\text{Onnettomuusastesuhde} = \frac{\left(\frac{\text{Talviajan onnettomuusaste jälkeen}}{\text{Talviajan onnettomuusaste ennen}} \right)}{\left(\frac{\text{Kesäajan onnettomuusaste jälkeen}}{\text{Kesäajan onnettomuusaste ennen}} \right)}$$

Tällöin onnettomuusasteella tarkoitetaan onnettomuuksia liikennesuoritetta kohden. Laskelman taustalla Hvoslefilla oli kuvan 17 mukainen onnettomuuskehitys Hokkaidolla. Elvik kuitenkin kritisoi laskelmia myöhemmin todeten, että Hvoslefin laskelmista käy ilmi, että kesäajan liikennesuorite on kasvanut voimakkaammin kuin talviajan liikennesuorite. Tämän hän arvelee johtuneen pitkälle siitä, että yksityisautoilu väheni talvella vaikeiden keliolosuhteiden aikana. Hän jopa viittaa norjalaisen Fosserin vuonna 1994 tekemään tutkimukseen, jossa nastattomien talvirenkaiden käyttäjien havaittiin peruneen useammin matkoja talven aikana kuin nastarenkaiden käyttäjät. Hvoslefin kaava kuitenkin määrittelee talviajan onnettomuusasteen vain liikenteeseen "uskaltautuneiden" liikennesuoritteen pohjalta. Elvik on taas sitä mieltä, että kotiin jääminen tai julkiseen liikenteeseen siirtyminen on nastarengasrajoituksiin liittyvä, liikenneturvallisuuden kannalta myönteinen ilmiö, jota ei tule jättää liikenneturvallisuustarkastelujen ulkopuolelle. Elvik katsookin, että Hokkaidon toimenpiteet lisäsivät talviajan onnettomuuksia noin 3%. Näitä arvioita tarkasteltaessa on muistettava, että Hokkaidon toimenpiteisiin liittyy nastarengasrajoitusten lisäksi myös merkittävä lisäpanostus talvihoitoon.



Kuva 17. Hokkaidon onnettomuuskehitys talvi- ja kesäaikaan 1986-1995.

Sapporossa (Hokkaidon merkittävin kaupunki) on myös raportoitu huomattavasti kasvaneista jalankulkijoiden yksittäisonnettomuuksista nastarenkaiden vähentymisen myötä (kuva 18). Naohiro Hosotani tarjoaa selitykseksi joko nastarengasrajoituksista johtuvaa katujen pintojen kiillottumista, huonolaatuisten kengänpohjien lisääntymistä ja poikkeuksellisen korkeita päivä- ja yölämpötilojen eroja (Hosotani 2007). Koska Elvik totesi edellä yksityisautoilun suhteellisesti vähentyneen Hokkaidossa talviaikaan, on myös syytä kysyä, onko jalan kuljettu liikennesuorite lisääntynyt nastarenkaiden rajoittamisen myötä.



Kuva 18. Ambulanssikuljetusta vaatineiden jalankulkijoiden liukastumisten määrä Sapporossa 1983-2005 (Hosotani 2007).

6. Nastarenkaiden rajoittamisen vaikutukset nastarenkaiden käyttöasteeseen Suomessa

Jotta voidaan arvioida miten nastarenkaiden vähentäminen Helsingin kantakaupungissa vaikuttaa liikenneturvallisuuteen, on ensin tehtävä arvioita siitä, miten kantakaupungin säännökset vaikuttavat kitkarenkaiden käyttöasteeseen kantakaupungin ulkopuolella. Onhan selvää, etteivät kantakaupungissa kitkarenkaila ajavat vaihda talvirenkaitaan toisen tyyppisiksi kantakaupungin rajalla, vaan käyttävät kitkarenkaita myös kantakaupungin ulkopuolella liikkeessään. Tutkimusongelmaa on lähestytty kahden täysin erilaisen ja itsenäisen mallin kautta, jotka nimetään tässä "Liikennevirtamalliksi" ja "Norjan malliksi".

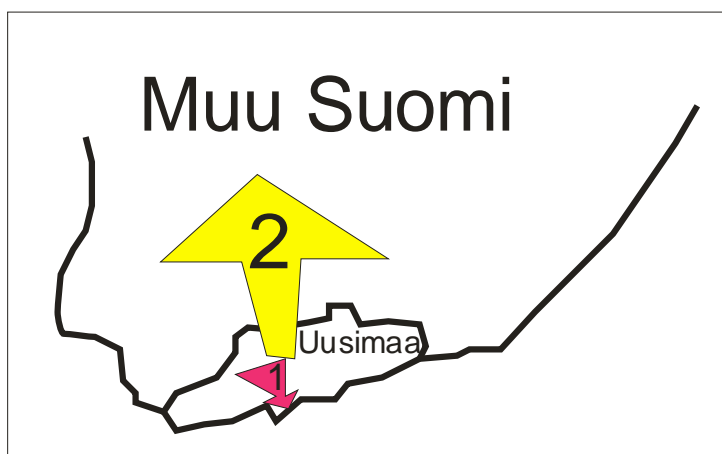
6.1 Liikennevirtamalli

Henkilöliikennetutkimuksiin pohjautuva "Liikennevirtamalli" päätettiin toteuttaa kaksivaiheisesti siten, että

- ensin arvioitiin sitä, minkälainen tarve kantakaupungin ulkopuolella asuvilla uusmaalaisilla on päästä henkilöautolla kantakaupunkiin (kuvan 19 nuoli 1). Tämä tarve määrittää sen, kuinka monella on tarve siirtyä kitkarenkaisiin mikäli nastarenkaiden määrää halutaan Helsingin kantakaupungissa rajoittaa.

- sen jälkeen arvioitiin kuinka paljon Uusmaalaiset liikkuvat asuinalueensa ulkopuolella (kuvan 19 nuoli 2). Tämä taas kertoo siitä, miten kitkarenkaisiin siirtyneet vaikuttavat eri maakuntien liikenteen kitkarengasasteeseen.

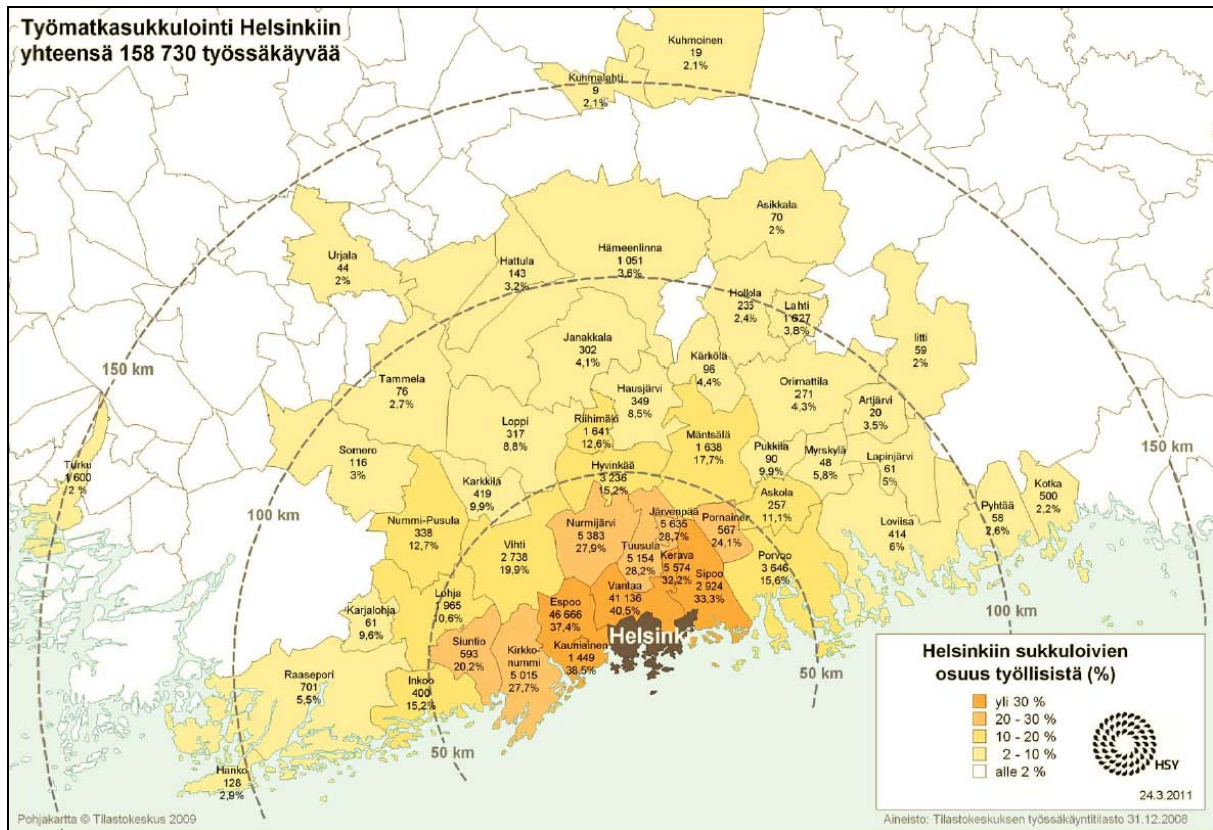
Tarkastelun yksinkertaistamiseksi jätettiin tarkastelun ulkopuolelle kokonaan tilanteet, jossa Uudenmaan ulkopuolella asuvat haluavat tulla Helsingin kantakaupunkiin säännöllisesti omalla autolla. Kyseessä on siis varsin yksinkertaistettu malli, mutta malli katsottiin kuitenkin tarkoituksenmukaiseksi, kun otetaan huomioon lähtöaineistojen epätarkkuudet ja tähän osatehtävään varatut resurssit.



Kuva 19. Yksinkertaistettu Liikennevirtamalli

Pohjan Uudenmaan arviolle antaa Tilastokeskuksen työssäkäyntitilastoon pohjautuva selvitys ns. työmatkasukkuloinnista (=kunnan rajan ylittävä työmatkaliikenne) Helsinkiin (kuva 20). On varsin oletettavaa, että kantakaupungin nastarengasmääräykset

koskettavat voimakkaimmin niitä, jotka käyvät säännöllisesti autolla töissä kantakaupungin alueella.



Kuva 20. Työmatkasukkulointi Helsinkiin. Kaikki liikennemuodot.

Taulukossa 10 on jaettu työssäkäyntialueet viiteen eri ryhmään siten, että samassa ryhmässä olevissa kunnissa työmaasukkuloinnin merkitys on suunnilleen saman tasoinen. Tämän jälkeen analyysin sarakkeisiin on haettu tiedot seuraavasti:

- Sarake A: Helsinkiin töihin menevien työllisten osuus on laskettu painottamalla kuvan 20 prosenttiosuuksia kuntien väkiluvulla. Kantakaupungin ulkopuolinen Helsinki on saanut prosenttiluvun 97%, koska Tilastokeskuksen vuoden 2009 työssäkäyntitilaston mukaan Helsingistä ulos sukuloivien osuus työllisistä on 3,1 % (Tilastokeskus 2011).

- Sarakkeet B ja C on laskettu HSY:n Liikkumistutkimuksen 2007-2008 haastatteluaineiston analyysityökalun avulla (<http://www.strafica.fi/heha/>). Analyysityökalu pitää sisällään mm. kulkumuotojakauman, matkan tyypin (tässä tapauksessa kotiperäinen työmatka) sekä mahdollisuuden valita lähtö ja määräpaikat. Analyysityökalun etu on lisäksi siinä, että se tarjoaa Helsingin osalta mahdollisuuden tarkastella erikseen kantakaupunkia ja muuta Helsinkiä. Havaintojen määrä (vastaa tässä tapauksessa liki haastateltujen määrää) oli ryhmässä 1-3 yli 300, ryhmässä 4 noin 160, mutta ryhmässä 5 vain 18 kappaletta. Tämän vuoksi ryhmän 5 prosenttiosuuksia on hieman korjattu (korjatut arvot harmaalla pohjalla).

- Sarake D: Työllisyysaste on viime vuosina ollut noin 70 % iältään 15-64-vuotiaasta väestöstä (findikaattori.fi). Työlliset ajavat todennäköisesti vastaavanikäisiä työttömiä enemmän, mutta toisaalta yli 64-vuotiaat eläkeläiset liikkuvat autollaan vielä suhteellisen aktiivisesti. Sarakkeessa D on arvioitu työllisten ajavan 50 % henkilö- ja

pakettiautoliikenteen liikennesuoritteesta sen jälkeen, kun suoritteesta on poistettu muu kuin työmatkaliikenne sekä ulkopaikkakuntalaisten ajama liikennesuorite.

Taulukko 10. Helsinkiin töihin kulkevien osuudet eri kunnissa Uudellamaalla, sekä arvio siitä liikennesuoritteen osuudesta, johon Helsingin kantakaupungin talvirengassäännökset vaikuttaisivat.

		A	B	C	D	A*B*C*D
		Työllisistä Hkiin töihin	Edellisistä kanta-kaupunkiin	Edellisistä henkilö-autolla	Alueen työllisten ajaman liikennesuoritteen osuus alueen liikennesuoritteesta	Sen työssäkäyvien liikennesuoritteen osuus, johon kantakaupungin nastarengassäännökset vaikuttavat.
Ryhmä 1	Kantakaupungin ulkopuolinen Helsinki	97 %	47 %	22 %	50 %	5 %
Ryhmä 2	Espoo, Vantaa, Kauniainen	39 %	63 %	37 %	50 %	5 %
Ryhmä 3	Kerava, Sipoo, Tuusula, Järvenpää, Pornainen, Nurmijärvi Siuntio Kirkkonummi	29 %	62 %	42 %	50 %	4 %
Ryhmä 4	Inkoo, Lohja, Nummi-Pusula, Vihti, Hyvinkää, Mäntsälä, Askola, Porvoo	15 %	62 %	56 %	50 %	3 %
Ryhmä 5	Muu Uusimaa: Hanko, Karjalohja, Karkkila, Lapinjärvi, Loviisa, Myrskylä, Pukkila, Raasepori	6 %	63 %	70 %	50 %	1 %

Vaikuttaa, että kantakaupungin nastarengassäännösten vaikutuksen henkilöautoilla tapahtuvaan työmatkaliikenteeseen voi arvioida kohtalaisella tarkkuudella. Sen sijaan huomattavasti vaikeampaa on arvioida muusta kantakaupunkiin suuntautuvasta asiointitarpeesta syntyvää painetta talvirengasvalintoihin.

Edellä mainitun haastatteluaineiston analyysityökalun avulla voi luoda myös taulukon 11 mukaisen analyysin. Taulukon mukaan kantakaupunkiin mennään autolla suunnilleen yhtä usein työmatkan kuin muidenkin matkojen merkeissä. Kun yhdensuuntaisia kotiperäisiä työmatkoja tehdään oletettavasti useimmin 1/vrk/työmatka-autoilija, niin muun tyyppisiä asiointimatkoja voi kertyä toiselle 10 päivässä ja toiselle 1 kuukaudessa. Analyysityökalu ei myöskään paljasta sitä, kuinka suuri osa kantakaupungissa asioijista on heitä, jotka käyvät myös autolla töissä kantakaupungissa. Lisäksi on äärimmäisen vaikea sanoa, pitääkö asiointimatkoja Helsingin kantakaupunkiin olla vähintään 1 kuukaudessa vai 1 viikossa ennen kuin kantakaupungin nastarengasmääräyksillä on vaikutusta rengasvalintoihin.

Taulukko 11. HSY:n Liikkumistutkimuksen 2007-2008 haastatteluaineiston analyysityökalun avulla tehty kantakaupunkiin henkilöautolla matkustavien matkatyyppien jakauma.

		Koti-peräinen työmatka	Koti-peräinen koulu-matka	Koti-peräinen asiointi-matka	Koti-peräinen muu matka	Työ-, mutta ei koti-peräinen matka	Ei koti-peräinen matka	Muu matka	Yht.:
Ryhmä 1	Kantakaupungin ulkopuolinen Helsinki	38 %	4 %	12 %	32 %	10 %	5 %	0 %	100 %
Ryhmä 2	Espoo, Vantaa, Kauniainen	47 %	3 %	9 %	25 %	11 %	6 %	0 %	100 %
Ryhmä 3	Järvenpää, Kerava, Kirkkonummi, Nurmijärvi, Pornainen, Sipoo, Siuntio, Tuusula	59 %	3 %	8 %	19 %	7 %	3 %	0 %	99 %
Ryhmä 4	Askola, Hyvinkää, Inkoo, Lohja, Mäntsälä, Nummi-Pusula, Porvoo, Vihti	62 %	2 %	8 %	12 %	13 %	4 %	0 %	101 %
Ryhmä 5	Muu Uusimaa: Hanko, Karjalohja, Karkkila, Lapinjärvi, Loviisa, Myrskylä, Pukkila, Raasepori	36 %	1 %	30 %	20 %	5 %	8 %	0 %	100 %

Tarkastellaan vielä liikennettä Helsingistä ja muualta Uudeltamaalta ulospäin.

Edellä kuvattu analyysityökalu kertoo keskimääräisen matkojen lukumäärän alueelta A alueelle B. Koska analyysityökalun perusteena olevien haastattelujen määrä oli rajallinen ja analyysityökalun esitystavassa oli tiettyjä puutteita, päädyttiin tässä analyysissä jakoon, jossa tarkasteltiin erikseen:

- Helsingistä (sekä kantakaupunki, että sen ulkopuolinen Hki) Uudellemaalle ja muualle Suomeen ulottuneet henkilöautomatkat

- Helsingin ulkopuoliselta Uudeltamaalta muualle Suomeen ulottuneet henkilöautomatkat

Taulukossa 12 esiintyvä analyysi on suoritettu seuraavasti:

- Rivi A: Päivässä tehdyt matkat on laskettu analyysityökalua käyttäen, mutta osin arvioiden

- Rivi B: Koska yksi helsinkiläisen tekemä matka Suonenjoelle vaikuttaa niin Vantaan, Keravan (Uusimaa, ryhmä 3), Mäntsälän (Uusimaa, ryhmä 4), Päijät-Hämeen (Lähimaakunta) kuin Muun Suomen liikennesuoritteeseen, on sarakkeen B matkalukuihin lisätty myös pitkien matkojen vaikutus lähialueen matkoihin

- Rivi C: Matkaluvut on tässä muutettu kunkin alueen talvirenkaiden käyttöajan liikennesuoritteeksi (miljoonaa ajon. km/ vuosi)

- kertomalla yhden päivän matkaluku 160 päivällä (talvirenkaiden käyttöaika)

- kertomalla matkaluku matkan keskimääräisellä pituudella (arvio)

- jakamalla näin syntynyt suorite henkilöauton keskimääräisellä kuormituksella (1,3 henkeä)

- Rivi D: Rivi D sisältää eri alueiden maanteiden vuosittaisen liikennesuoritteen Liikenneviraston tietilaston pohjalta (Liikennevirasto 2011).

- Rivi E: Korjatun liikennesuoritteiden laskennassa on rivin D suoritteeseen lisätty arvio katujen liikennesuoritteesta (en löytänyt lähdettä, jossa tämä olisi eritelty kunnittain) sekä vähennetty raskaan liikenteen ja kesärengaskauden suorite.

- Rivi F: Rivit kertovat Helsingistä ja muualta Uudeltamaalta lähtevän henkilöautoliikenteen osuuden alueen henkilöautoliikenteestä.

Taulukko 12. HSY:n Liikkumistutkimuksen 2007-2008 haastatteluaineiston analyysityökalun sekä erilaisten arvioiden pohjalta laskettu Helsingistä ja muualta Uudeltamaalta lähtevän henkilöautoliikenteen osuus eri alueiden henkilöautoliikenteen osuudesta. * Lähimaakunnat ovat Varsinais-Suomi, Kanta-Häme, Päijät-Häme ja Kymenlaakso.

			Espoo, Kauniainen, Vantaa	Uusimaa, ryhmä 3	Uusimaa, ryhmä 4	Uusimaa, ryhmä 5	Lähi- maakunnat*	Muu Suomi
A	Matkoja päivässä	Helsingistä	52000	6000	3000	1000	3000	3000
		Muualta Uudeltamaalta					14000	5000
B	Kumulatiivinen matkoja päivässä	Helsingistä	66000	10000	5000	1200	6000	3000
		Muualta uudeltamaalta					19000	5000
C	Liikennesuorite	Helsingistä	148	60	26	6	111	148
		Muualta Uudeltamaalta					433	246
D	Maanteiden liikennesuorite		2198	1639	2013	670	7194	28740
E	Korjattu liikennesuorite		1600	1000	1200	400	3600	14500
F	Suoriteosuudet	Helsingistä lähtevän liikenteen osuus alueen henkilöauto- liikenteestä	9,2 %	6,0 %	2,2 %	1,5 %	3,1 %	1,0 %
		Muualta Uudeltamaalta lähtevän liikenteen osuus alueen henkilöautoliikenteestä					12,0 %	1,7 %

Lopuksi yhdistetään taulukossa 13 taulukkojen 10, 11 ja 12 tiedot. Taulukkoon 13 liittyvä analyysi on edennyt seuraavasti:

- Sarakkeeseen A on tiedot siirretty taulukosta 10 (työssäkäyvät) ja taulukosta 11 (asioivat) yhdistellen ja hieman muokaten

- Sarakkeeseen B on haettu eri alueiden nykyiset kitkarengasosuudet. Kanta-Helsingin prosenttiosuus on suoraan Paula Prittisen tuoreesta opinnäytetyöstä (Prittinen 2011). Uudenmaan, lähimaakuntien ja muun Suomen osuudet on vuoden 2010 talvirengastutkimuksesta (Malmivuo 2010). Muun Helsingin kitkarengasosuuden on arvioitu sijoittuvan Kanta-Helsingin ja muun Uudenmaan väliin.

- Sarakkeessa C on tarkasteltu skenaariota, jossa kantakaupungin kitkarengasosuus kaksinkertaistuu. Sarakkeen C:n luvut edustavat kitkarengasosuuksien lisäystä. Ajatusmalli on ollut sellainen, että jotta kantakaupunkiin saadaan 24 prosenttiyksikköä lisää kitkarenkaita, tulee esim. myös muualta Uudenmaalta tulevasta työ- ja asiointiliikenteestä löytyä se 24 %, jotka siirtyvät kitkarenkaisiin. Sarakkeen C vasemmalla puolella on Muun Uudenmaan kohdalla luku 1,7 %, joka tulee kaavasta $(3,5 \% + 3,5 \%) \cdot 24 \% = 1,7 \%$. Ulkopaikkakuntalaisten kitkarengasosuutta nostava vaikutus on laskettu vastaavaa logiikkaa mukaillen taulukon 12 pohjalta.

- Sarakkeessa D on laskettu yhteen B ja C luvut, jolloin saadaan lopulliset kitkarengasosuudet sen jälkeen, kun Helsingin kantakaupungin kitkarengasosuus on kaksinkertaistunut.

- Sarakkeessa E on laskettu vastaavalla logiikalla kitkarengasosuuden kolminkertaistamisen vaikutukset

Taulukko 13. Laskennan eteneminen sekä mallin mukaiset eri alueiden kitkarengasosuudet sen jälkeen, kun Helsingin kantakaupungin kitkarengasosuus on kaksin- tai kolminkertaistunut. Lähimaakunnat ovat Varsinais-Suomi, Kanta-Häme, Päijät-Häme ja Kymenlaakso.

	A		B	C		D	E
	Sen liikennesuoritteen osuus alueen suoritteesta, jolla pakottava tarve päästä autolla Hgin kantakaupunkiin		Kitkarengas-osuuden nykytilanne	Skenaario, jossa kantakaupungin kitkarengasosuus kaksinkertaistuu		Yhteensä; eli alueiden kitkarengas-osuudet sen jälkeen, kun kantakaupungin osuus on kaksinkertaistunut	Alueiden kitkarengasosuudet sen jälkeen, kun kantakaupungin osuus on kolminkertaistunut
	Työssäkäyvät	+ Asioivat		Työ+asiointi kanta-kaupunkiin	Ulkopaikka-kuntalaisten kitkarengas-osuutta nostava vaikutus		
Kanta-Helsinki	100 %		24 %	24,0 %	0,0 %	48,0 %	72,0 %
Muu Helsinki	5 %	10 %	18 %	3,6 %	0,7 %	22,3 %	26,6 %
Muu Uusimaa	3,5 %	3,5 %	12 %	1,7 %	0,4 %	14,1 %	16,2 %
Lähimaakunnat	0 %	0 %	10 %	0,0 %	0,4 %	10,4 %	10,9 %
Muu Suomi	0 %	0 %	12 %	0,0 %	0,1 %	12,1 %	12,2 %
Koko Suomi			11,8 %			12,6 %	13,3 %

Taulukossa 14 on vielä hieman pyöristetty arvioita sekä korjattu hieman arvioitu malliin liittyvien rajoitusten vuoksi. Tässä yhteydessä mm. lähimaakuntien osuuksia on kasvatettu siksi, että alunperin lähimaakuntien tarve käydä autolla Helsingin kantakaupungissa jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Edellä kuvattuun laskelmaan liittyvistä monista epävarmuustekijöistä johtuen lopulliset tulokset ovat hyvin karkeita arvioita.

Taulukko 14. Lopulliset liikennemallin tulokset. Lähimaakunnat ovat Varsinais-Suomi, Kanta-Häme, Päijät-Häme ja Kymenlaakso. Luvut ovat karkeita arvioita.

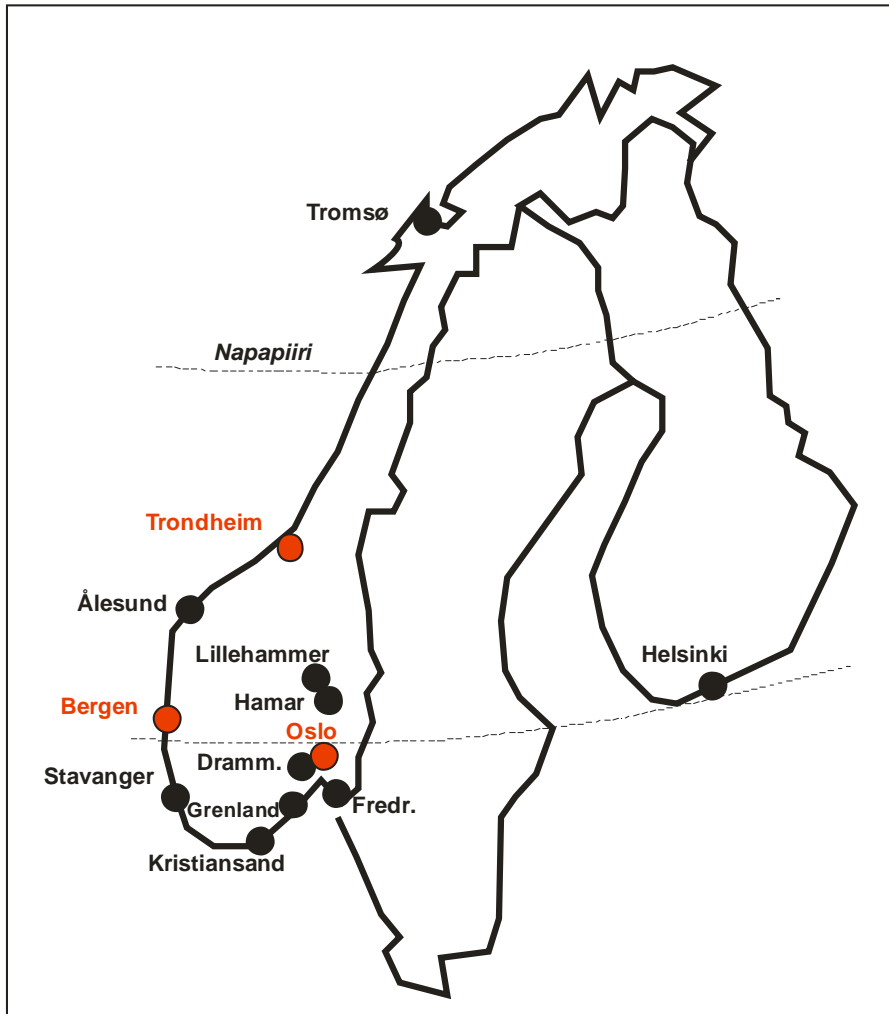
	Nykytilanne	Kantakaupungin kitkarengasosuuden kaksinkertaistaminen	Kantakaupungin kitkarengasosuuden kolminkertaistaminen
Kanta-Helsinki	24 %	48,0 %	72,0 %
Muu Helsinki	18 %	22,5 %	27,0 %
Muu Uusimaa	12 %	14,5 %	17,0 %
Lähimaakunnat	10 %	11,0 %	12,0 %
Muu Suomi	12 %	12,2 %	12,4 %
Koko Suomi	11,8 %	12,8 %	13,8 %

6.2 Norjan malli

Norjasta on saatavissa mm. taulukon 15 mukaisia lukuja kitkarengasosuuksien muutoksista eri alueilla. Nastarenkaiden käytön rajoitukset aloitettiin Oslolla noin vuonna 2000, Trondheimissa 2001 sekä Bergenissä 2006. Kuvassa 21 on esitetty eri alueiden sijainti kartalla. Kartalle ei ole merkitty aluetta "Asker og Bærum", joka on Oslon esikaupunkialuetta. Taulukon 15 lukuja ja kuvan 21 karttaa tarkastelemalla voi välittömästi nähdä, että kitkarengasosuudet ovat Norjassa kasvaneet eri puolilla maata tavalla, jota ei voi selittää pelkästään tarpeella käydä alueella, jolla on nastarengasrajoituksia (tämä tarve oli johtavana ajatuksena edellä olleessa Liikennevirtamallissa). Norjassa on ollut selvästikin laajempi kansallinen kitkarenkaita suosiva asennemuutos!

Taulukko 15. Kitkarengasosuuden kehitys eri puolilla Norjaa

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Bergen	62,9	70,6	72,1	68,9	67,6	73,2	70,1	72,2	78,8	90,1	86	86,5
Drammen	51,6	54,1	50,9	59,9	58,7	66,4	70,6	74,7	73,8	73,4	69,5	76,2
Fredr./Sarpsb.								59,9	65,8	70,1	71,8	70,6
Grenland							42,6	45,1	46,2	51,8	50	56,6
Hamar								44,9	39,1	60,4	53,1	54,7
Kristiansand								60	54,4	62,5	64,5	62,0
Lillehammer							36,7	45,8	42,9	44,8	47,4	46,8
Asker og Bærum												81,4
Oslo	49,7	68,7	79,4	68	71,6	72	76,2	80,7	80,5	83,8	83,5	86,4
Stavanger/Sandnes	63,7	68,3	72,3	71,2	70,9	72,2	70,3	69,2	72,4	66,6	72,2	71,8
Tromsø							7,1	11,5	8,5	8,7	17,8	11,4
Trondheim	32,8	35,6	37,2	55,5	58,9	60,5	62,3	65,1	69,6	79,5	79,6	81,9
Ålesund							34,4	37,8	30,9	25,4	35	39,4
Norge (ikke byene)	30,6	35	42,4	46	38,7	40	46,5	46,2				49,2



Kuva 21. Taulukossa 15 esitetyt paikannimet kartalla. Punaisella merkityissä kaupungeissa on määrätty nastarengasrajoituksia.

Taulukon 15 mukaan Drammenissa kitkarenkaiden käyttö on kasvanut 24,6 %-yksikköä samassa ajassa (1999-2010), kun Oslolla kitkarenkaiden käyttö on lisääntynyt 36,7 %-yksikköä. Tämän perusteella taulukossa 16 on arvioitu, että Uudellamaalla kitkarenkaiden lisääntyvät samassa suhteessa kuin Drammenissa, eli 16 %-yksikköä samassa ajassa kun Kanta-Helsingissä 24 %-yksikköä. "Muun Helsingin" osalta katsotaan, että lisäys menee Kanta-Helsingin 24 %-yksikön ja "muun Uudenmaan" 16 %-yksikön väliin, eli siellä vastaava lisäys on 20%-yksikköä.

Lillehammerissa, Hamarissa ja Greenlandissa ollaan päädytty noin 50% kitkarengasasteeseen ja mikäli siellä on lähtötilanne ollut noin 30% vuonna 1999, niin siellä on kasvua ollut noin 20 %-yksikköä. Mikäli näiden alueiden katsotaan vastaavan ns. Uudenmaan "ympäristön maakuntia", niin silloin ympäristön maakunnille voidaan osoittaa lisäystä 13 %-yksikköä Helsingin 24 %-yksikköä kohden.

Tromssan mallin mukaisesti saataisiin muun Suomen kasvuksi 5 %-yksikköä kanta-Helsingin 24 %-yksikköä kohden, mutta koska Tromssa on huomattavasti pohjoisemmassa kuin ns. "Muun Suomen" painopiste, nostetaan "muun Suomen" arviota hieman lähemmäksi Lillehammeria, Hamaria ja Greenlandia, jolloin "Muulle Suomelle" saadaan 8 %-yksikköä Kanta-Helsingin 24 %-yksikköä kohden.

Taulukosta 16 voi havaita, että edellä kuvatun päättelyketjun seurauksena kitkarengasosuuden kaksinkertaistaminen enemmän kuin kaksinkertaistaa lähialueiden kitkarengasosuuksia. Norjan lukuja tarkastelemalla välittyy kuitenkin sellainen kuva, että se kitkarengasosuus, johon vuonna 2010 on päädytty, ei ole vahvasti verrannollinen siihen osuuteen, mistä on lähdetty liikkeelle. Toki Norjan mallia voi tulkita varsin eri tavoin, mutta taulukko 16 lienee silti suuntaa antava.

Taulukko 16. Eräs Norjan mallin mukainen skenaario kitkarengasosuuksissa eri puolilla Suomea, kun Helsingin kantakaupungin nykyinen kitkarengasosuus kaksin- tai kolminkertaistuu.* Varsinais-Suomi, Kanta-Häme, Päijät-Häme ja Kymenlaakso.

	Nyt	Ennuste	
Hki kantakaupunki	24,0 %	48,0 %	72,0 %
Muu Helsinki	18,0 %	38,0 %	58,0 %
Muu Uusimaa	12,0 %	28,0 %	44,0 %
Ympäristön maakunnat*	10,0 %	23,0 %	36,0 %
Muu Suomi	12,0 %	20,0 %	28,0 %
Koko maa	11,8 %	23,0 %	34,0 %

7. Nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutukset Suomessa

Tässä luvussa tarkastellaan vaihtoehtoisten onnettomuusmallien avulla sitä, miten paljon liikenneonnettomuudet lisääntyvät, jos kitkarengasosuudet kasvavat luvun 6 mallien mukaisesti.

7.1 7.1 Elvikin ja Kaminskan malli

Luvussa 5.2 kuvassa 8 Elvik ja Kaminska esittivät selkeän mallin nastarenkaiden vähenemisen ja henkilövahinko-onnettomuuksien (hvjo) välille. Kun Elvikin ja Kaminskan yhtälöä sovelletaan suoraan luvuissa 6 esitettyjen Liikennevirtamallin ja Norjan mallin mukaisiin kitkarengasosuuksien muutoksiin, saadaan taulukon 17 mukaiset hvj-onnettomuuslisäykset marras-maaliskuun talvirengaskauden aikana. Hvj-onnettomuuksien lukumääriä tarkasteltaessa on otettava huomioon, että poliisiin tietoon tulleiden eli taulukossa 17 mainittujen hvj-onnettomuuksien osuus on tutkimusten mukaan noin puolet todellisesta hvj-onnettomuusmäärästä. Lisäksi on muistettava, että Elvikin ja Kaminskan malli piti sisällään sen, että teiden ja katujen kunnossapitoa tehostetaan samalla kun nastarenkaiden määrää rajoitetaan.

Taulukon 17 mukaan kantakaupungin kitkarengasosuuden kaksinkertaistaminen lisää tilastoituja hvj-onnettomuuksia 6 kappaletta, jos kitkarenkaiden käyttäjät valikoituvat kantakaupungin ulkopuolella heistä, joilla on välitön tarve päästä omalla autolla kantakaupunkiin (Liikennemalli) ja mikäli talvihoitoa tehostetaan Norjan tapaan. Mikäli kitkarenkaiden suosio tavoittaa Norjan mallin mukaisesti myös niitä, joilla ei ole välitöntä tarvetta päästä kantakaupunkiin, hvj-onnettomuudet lisääntyvät vastaavasti lähes 70 kappaletta. Jos kantakaupungin kitkarengasosuuteen tulee toinen samanlainen lisää (eli osuus yhteensä kolminkertaistuu), hvj-onnettomuudet enemmän kuin kaksinkertaistuvat, sillä Elvikin ja Kaminskan mallin kaavassa nastarenkaiden osuuden vähentyminen on myös toisessa potenssissa, eli Elvikin ja Kaminskan mukaan

$$(1) y = -0,114 - 0,212 \cdot x + 0,004 \cdot x^2 \quad , \text{ missä}$$

y = onnettomuuksien kasvu prosenttiyksikköinä

x = nastarengasosuuden muutos prosenttiyksikköinä

Taulukko 17. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lukumäärä Suomessa 1.11.-10.4. (* talvien 2007-2008, 2008-2009 ja 2009-2010 keskiarvo) sekä Elvikin ja Kaminskan mallin mukainen hvjo-lisäys erikseen liikennevirtamallille ja Norjan mallille. Helsingin kantakaupungin onnettomuudet käsittävät Helsingin niemen onnettomuudet aina Reijolaa, Pasilaa ja Vanhaa kaupunkia myöden.

	Hvj-onnettomuudet keskimäärin 1.11.-10.4.*	Kantakaupungin kitkarengasosuuden kaksinkertaistaminen				Kantakaupungin kitkarengasosuuden kolminkertaistaminen	
		Kitkarengasosuuden kasvu		Onnettomuuslisäys Elvikin ja Kaminskan mukaan		Onnettomuuslisäys Elvikin ja Kaminskan mukaan	
		Liikenne-malli	Norjan malli	Liikenne-malli	Norjan malli	Liikenne-malli	Norjan malli
Alueet							
Hki kantakaupunki	85	24,0 %	24,0 %	6,2	6,2	16,4	16,4
Muu Helsinki	90	4,5 %	10,0 %	0,8	2,2	1,9	5,2
Muu Uusimaa	355	2,5 %	16,0 %	1,6	15,3	3,7	38,2
Ympäristön maakunnat*	445	1,0 %	13,0 %	0,5	14,8	1,5	36,1
Muu Suomi	1250	0,2 %	8,0 %	0,0	23,0	0,0	53,8
Koko maa	2225	1,0 %	11,2 %	9,0	61,4	23,5	149,6

7.2 Kelimalli

Elvikin ja Kaminskan mallin eräs heikkous on siinä, että se pohjautuu pelkästään Oslon havainnoille, eikä se ota mitenkään huomioon talvikelien määrän vaihtelua erilaisilla maantieteellisillä alueilla. Onhan selvää, että kitkarenkaiden osuuden lisääntyminen vaikuttaa liikenneturvallisuuteen eri tavoin siellä, missä on runsaasti talvikelejä verrattuna paikkaan, missä talvikelejä on vähemmän.

Kelimallin pohjalle otetaan norjalaisen arvovaltaisen Liikenneturvallisuuden käsikirjan arvio, jonka mukaan nastarenkaat vähentävät onnettomuuksia paljaalla kelillä 2 % ja lumisella tai jäisellä kelillä 5 %. Toisaalta kun arvovaltaiset VTI:n tutkijat Ruotsissa arvioivat nastarengasrajoitusten vaikutuksia, he katsoivat, että nastarenkaat vähentävät onnettomuuksia jäisellä kelillä pohjoismaisiin kitkarenkaisiin nähden 13 %, mutta Keski-Eurooppalaisiin kitkarenkaisiin nähden peräti 33 %. Tuoreessa kotimaisessa tutkimuksessa selvitettiin eri puolilla maata noin tuhannen kitkarenkailta varustetun auton renkaiden tyyppi ja havaittiin, että 17,6 % liikenteessä olevista kitkarenkain varustetuista autoista oli ns. Keski-Euroopan kitkarenkaita (Luoma 2011). Vuoden 2010 rengastoimittajien myyntilukujen perusteella noin 6 % Suomessa myytävistä kitkarenkaita on ns. keski-eurooppalaisia kitkarenkaita (Horto 2011), joten tuontiautojen mukana tulevien Keski-Euroopan kitkarenkaiden merkitys on ilmeisen suuri. Mikäli kitkarenkaita 17,6 % on Keski-Euroopan kitkarenkaita, Suomessa nastarenkaan turvallisuushyöty kitkarenkaisiin nähden on $(0,176 \cdot 33\% + 0,824 \cdot 13\%) = 17\%$

Suomessa poliisi jakaa onnettomuudet paljaan kelin, lumisen, sohjoisen ja jäisen kelin onnettomuuksiin. Koska nastat eivät sinänsä juuri vaikuta käyttäytymiseen lumella ja sohjolla, arvioidaan nastarenkaan turvallisuushyöty paljaalla, lumella ja sohjolla samaksi, eli se on 2 %. Etu tulee jäykemmistä kumilaaduista aiheutuvan paremman hallittavuuden myötä (katso luku 4.4 Talvirengastestit). Nastarenkaan turvallisuushyöty arvioidaan siis taulukon 18 mukaiseksi. Mainittakoon vielä, että norjalaisessa käsikirjassa ei onnettomuusastetta määritelty, mutta eri tutkimuksissa vastaavia

onnettomuusvaikutuksia on sovellettu etupäässä henkilövahinkoon johtaneisiin onnettomuuksiin (hvjo).

Taulukko 18. Kelimallin arviot nastarenkaan vaikutuksesta hvj-onnettomuuksiin

	Nastarenkaan vaikutus hvj-onnettomuuksiin
Paljas keli	2 %
Luminen keli	2 %
Sohjoinen keli	2 %
Jäinen keli	17 %

Kun taulukon 18 onnettomuusvaikutuksia sovelletaan onnettomuusmääriin, havaitaan taulukon 19 mukaisesti, että onnettomuuslisäykset ovat noin neljänneksen siitä, mitä Elvikin ja Kaminskan malli antoi, vaikka kelimallin prosentteihin ei sisältynyt talvihoidon kohentaminen kuten Elvikin ja Kaminskan malliin. Kuitenkin aiemmin luvussa 5.2 jo todettiin, että niin Fridströmin kuin Elvikin ja Kaminskan arviot onnettomuuslisäyksistä olivat huomattavasti korkeampia kuin norjalaisen käsikirjan arviot, mihin kelimalli pohjautuu.

Tähdennettäköön vielä, että kelimallia sovellettiin esim. kantakaupungin onnettomuuksiin seuraavasti:

- Helsingin kantakaupungissa oli talvirenkaiden käyttökauden aikana keskimäärin 7,5 tilastoitua jääkelin onnettomuutta ja 77 tilastoitua muun kelin onnettomuutta.
- Mallin mukaan kitkarengaskuljettajia tuli lisää 24 % ja heille tulisi jääkelillä onnettomuuksia 17 % lisää, jolloin jääkelin onnettomuuksien lisäys olisi $7,5 \cdot 0,24 \cdot 0,17 = 0,31$ onnettomuutta
- Vastaavasti muiden keliä aikana onnettomuuksien lisäys olisi: $77 \cdot 0,24 \cdot 0,02 = 0,37$ onnettomuutta
- Eli kantakaupungissa tulisi talven aikana 0,7 (0,31+0,37) onnettomuutta lisää, jos kitkarengasosuus kaksinkertaistetaan

Taulukko 19. Kelimallin mukaiset hvj-onnettomuuslisäykset kun kitkarengasosuus kasvaa Liikennemallin ja Norjan mallin mukaisesti kaksi- tai kolminkertaiseksi

	Hvj-onnettomuudet 1.10.2010 - 31.3.2011	Jääkelin onnettomuuksien osuus	Kantakaupungin kitkarengasosuuden kaksinkertaistaminen				Kantakaupungin kitkarengasosuuden kolminkertaistaminen	
			Kitkarengas-osuuden kasvu		Onnettomuuslisäys kelimallin mukaan		Onnettomuuslisäys kelimallin mukaan	
			Liikenne- malli	Norjan malli	Liikenne- malli	Norjan malli	Liikenne- malli	Norjan malli
Hki kantakaupunki	85	9 %	24,0 %	24,0 %	0,7	0,7	1,4	1,4
Muu Helsinki	90	17 %	4,5 %	10,0 %	0,2	0,4	0,4	0,8
Muu Uusimaa	355	21 %	2,5 %	16,0 %	0,5	2,9	0,9	5,9
Ympäristön maakunnat*	445	27 %	1,0 %	13,0 %	0,3	3,5	0,5	7,0
Muu Suomi	1250	31 %	0,2 %	8,0 %	0,2	6,7	0,3	13,3
Koko maa	2225		1,0 %	11,2 %	1,8	14,2	3,5	28,3

8. Kitka- ja nastarenkaan turvallisuusvaikutusten fysikaalinen tarkastelu

Koska tämän tutkimuksen tekijällä on huomattavasti kokemusta pidon ja kitkan mittaamisesta sekä kitkatasojen ja onnettomuusriskien yhteydestä, kävi tämän tutkimuksen kirjallisuuslähteitä lukiessa ilmeiseksi, ettei kansainvälisesti löytynyt ainuttakaan sellaista syvällisempää tarkastelua, joka olisi yrittänyt löytää fysikaalista yhteyttä kitka- ja nastarenkaiden ominaisuuksien ja liikenneturvallisuuden välille. Koska tämä aihe kiinnosti suuresti, on tässä luvussa kokeiltu tämän yhteyden mallintamista. Tämän mallin keskeisimpänä tavoitteena on testata kansainvälisissä tutkimuksissa esitettyjen nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuserojen uskottavuutta.

8.1 Jarrutusmatka ja kompensaationopeus

Luvun 4.4 kuvassa 9 havaittiin, että nasta- ja kitkarenkaiden jarrutusmatkat sileällä jäällä ja lumipolanteella ovat viimeisten talvirengastestien mukaan olleet taulukon 20 mukaiset.

Taulukko 20. Jarrutusmatkat viimeisimmissä TM:n talvirengastesteissä

	Parhaat nastarenkaat	Parhaat kitkarenkaat
Jarrutusmatka sileällä jäällä nopeudesta 50 km/h	52 m	65 m
Jarrutusmatka lumipolanteella nopeudesta 80 km/h	55 m	55 m

Jarrutusmatkan ja lähtönopeuden välillä on olemassa fysikaalinen kaava

$$(1) \quad \mu = ((v_0)^2 - (v_i)^2) / 2 g L$$

- missä μ =pinnan kitkakerroin
- v_0 jarrutuksen lähtönopeus ja v_i jarrutuksen loppunopeus (=0)
- g on maan vetovoiman kiihtyvyys (vakio, 9,81 m/s²)
- L on jarrutusmatka

Erityisesti viimeaikaisissa tutkimuksissa (Malmivuo 2011) on havaittu, että tämä sinänsä teoreettinen kaava kuvaa yllättävän hyvin jarrutusmatkan, alku- ja loppunopeuden sekä pinnan kitkatasojen yhteyksiä myös käytännössä. Kaavan perusteella voidaan suoraan laskea jarrutusmatkat jääpinnalla myös 80 km/h nopeudesta, sekä ns. kompensaationopeus, eli lähtönopeus, jolla kitkarengas saisi saman jarrutusmatkan jäällä nastarenkaan kanssa (taulukko 21). Kompensaationopeus siis kertoo, kuinka paljon varovaisemmin kitkarenkaan käyttäjän olisi ajettava testiradan tyyppisellä liukkaalla jääpinnalla.

Taulukko 21. Kompensaationopeudet talvirengastestien sileällä jäällä (lähtönopeus millä kitkarenkaan jarrutusmatka olisi saman mittainen nastarenkaan jarrutusmatkan kanssa)

	Nasta	Kitka	Kitkarenkaiden kompensoiva nopeus
Sileä jää, lähtönopeus 50 km/h	52 m	65 m	44,7 km/h
Sileä jää, lähtönopeus 80 km/h	133 m	166 m	71,5 km/h

Keskeinen kysymys on, kuinka poikkeuksellinen keli testirataolosuhteiden sileä jääpinta on, esiintyykö samanlaisia kelejä koskaan maantiellä? *Tämä on keskeinen kysymys paitsi tämän mallin osalta, mutta myös yleisemmin sen suhteen, miten talvirengastestien tuloksiin tulisi suhtautua!*

Jotta tähän kysymykseen osaisi vastata oikein, tulisi tuntea testirataolosuhteiden kitkataso. Pinnan kitkan mittaukseen on olemassa hyvin erilaisia välineitä ja tapoja ja mittausmenetelmä vaikuttaa voimakkaasti kitkanmittaustulokseen. Tässä tapauksessa tulisi kuitenkin tietää kitka mitattuna sillä menetelmällä, jolla Liikennevirasto seuraa tienpinnan kitkaa talviaikana. Liikennevirastolla on nimittäin keskitetyn talvihoidon laadunseurannan kautta varsin hyvä kuva siitä, miten tällainen laadunseurantakitka vaihtelee tiestöllä eri puolilla maata talviaikaan (vastaavaa aineistoa ei löydy katuverkolta).

Tämän tutkimuksen tekijä on kahdesti johtanut tutkimuksia, joissa Liikenneviraston käytössä olevia kitkanmittauslaitteita on testattu samankaltaisissa testikenttäolosuhteissa, joissa talvirengastestejäkin tehdään (Malmivuo 2001 ja 2011). Näissä testeissä sileän tekojään kitka on Liikenneviraston menetelmällä mitattuna vaihdellut tasolla 0,06-0,16, jolloin mukaan on mahtunut niin 10 asteen pakkasia kuin lähes nollakelejä. Vastaavasti keinotekoisien lumipolanteiden kitka on näissä testeissä ollut tasolla 0,28-0,35.

Lisävalaistusta asiaan saadaan vielä, jos lasketaan talvirengastestien lähtönopeuksien ja jarrutusmatkojen perusteella ns. fysikaalinen kitka talvirengastestien olosuhteissa (kaava 1). Tämä tulee laskea nastarenkaiden tulosten perusteella, sillä Liikenneviraston kitkanmittausmenetelmässä tehdään jarrutuksia juuri nastarenkailla. Kaavan 1 mukaan talvirengastestien *fysikaalinen kitka* on ollut sileällä jäällä keskimäärin 0,19 ja lumipolanteella noin 0,46. Tietyistä historiallisista syistä johtuen tämä fysikaalinen kitka ei ole aivan sama asia kuin Liikenneviraston kitka, mutta luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Kun tämän suhteen lisäksi otetaan huomioon se, että Liikennevirasto mittaa kitkaa keskimäärin hieman kuluneemmilla nastarenkailla kuin mitä talvirengastestien renkaat ovat, voidaan arvioida em. kitkalukujen vastaavan Liikenneviraston asteikolla tasoa 0,12-0,13 (jää) ja 0,36 (lumi). Tulos ei ole tältäkin osin täysin tarkka (rengastestien autoja ei ole kalibroitu Liikenneviraston edellyttämällä tavalla) mutta varsin oikean suuntainen.

Taulukossa 22 on esitetty säännönmukaisesti mitattujen kitkatulosten jakauma talvihoitoluokittain 1.12.2010 - 31.3.2011 Uudellamaalla ja koko Suomessa (Carentment 2011). Lisäksi taulukkoon on laskettu kaikki talvihoitoluokat yhteen painottamalla kutakin hoitoluokkaa sen liikennesuoritteella. *Koska talvirengastestien sileän jään testit osuvat pääsääntöisesti kitkaluokkaan "< 0,15", voidaan havaita, että talvirengastestien kaltaiset jääolosuhteet ovat äärimmäisen harvinaisia Suomessa.*

Taulukko 22. Kitkan jakauma hoitoluokittain Suomen maanteillä 1.12.2010 - 31.3.2011 (Carement Oy 2011)

Talvihoito- luokka	< 0,15	0,15-0,19	0,20-0,21	0,22-0,24	0,25-0,27	0,28-0,29	0,30-0,34	≥ 0,35	
	UUSIMAA								Yhteensä
Is	0,0 %	0,1 %	1,7 %	4,7 %	4,8 %	5,4 %	9,5 %	73,8 %	100 %
I	0,1 %	0,3 %	1,4 %	5,4 %	8,5 %	6,9 %	13,8 %	63,6 %	100 %
Ib	0,0 %	0,1 %	0,8 %	5,0 %	10,7 %	11,6 %	20,4 %	51,3 %	100 %
II	0,0 %	0,5 %	1,3 %	4,5 %	17,3 %	21,3 %	34,2 %	20,8 %	100 %
III	0,3 %	1,7 %	1,4 %	7,7 %	20,7 %	22,0 %	38,4 %	7,7 %	100 %
Kaikki	0,03 %	0,15 %	1,6 %	4,8 %	6,3 %	6,9 %	12,1 %	68,1 %	100 %
	KOKO SUOMI								
Is	0,0 %	1,7 %	2,6 %	6,2 %	8,3 %	5,6 %	10,2 %	65,3 %	100 %
I	0,0 %	1,4 %	2,3 %	6,6 %	10,4 %	7,6 %	12,9 %	58,7 %	100 %
Ib	0,0 %	1,2 %	2,3 %	7,6 %	11,6 %	10,8 %	18,3 %	48,1 %	100 %
II	0,1 %	2,3 %	3,3 %	8,8 %	16,1 %	15,0 %	27,9 %	26,6 %	100 %
III	0,4 %	4,4 %	4,9 %	12,9 %	22,2 %	20,6 %	28,2 %	6,5 %	100 %
Kaikki	0,06 %	1,79 %	2,7 %	7,4 %	11,4 %	9,4 %	16,2 %	51,1 %	100 %

Mikäli oletetaan,

- että yli 0,32 kitkatasoilla kitkarenkaila ajavan ei tarvitse mukauttaa nopeuttaan, sillä näillä tasoilla jarrutusmatkamittauksissa ei ole merkittävää eroa

- että kitka laskiessa tasolta 0,32 tasolle 0,15, kitka- ja nastarenkaiden pitokyvyn (renkaan ja alustan välinen kitka) ero kasvaa tasaisesti

voidaan laskea kompensaaionopeudet eri kitkatasoille samalla skaalalla ja jaottelulla, kuin mitä taulukossa 22 on käytetty. Taulukon 22 ja 23 tietoja yhdistelemällä voidaan tehdä johtopäätöksiä kitkarengaskuljettajan tarpeesta ja mahdollisuudesta sopeuttaa nopeuksiaan rengasominaisuuksien vaatimusten mukaisiksi.

Taulukko 23. Kompensaaionopeudet eri kitkatasoille

Kitkataso	< 0,15	0,15-0,19	0,20-0,21	0,22-0,24	0,25-0,27	0,28-0,29	0,30-0,34	≥ 0,35
Kompensaaionopeus 50 km/h:lle	44,7 km/h	46,5 km/h	47,6 km/h	48,3 km/h	49,1 km/h	49,6 km/h	50 km/h	50 km/h
Kompensaaionopeus 80 km/h:lle	71,5 km/h	74,3 km/h	76,2 km/h	77,4 km/h	78,4 km/h	79,3 km/h	80 km/h	80 km/h

Siinä kun luvun 8.1 tieteellinen pohja oli suhteellisen tukeva, astutaan luvussa 8.2 kokeellisemman ja hieman epätieteellisemmän tutkimuksen pariin.

8.2 Kompensaationopeudesta liikenneturvallisuuteen

Voidaanko nyt siis ajatella, että jos liukkaalla jääkelillä sekä nastarengas-, että kitkarengaskuljettaja ajavat 80 km/h, niin onko kitkarengaskuljettajan onnettomuusriski suhteessa nastarengaskuljettajaan verrannollinen tilanteeseen, jossa liikennevirran keskinopeus kasvaa 71,5 km/h:sta (=kompensaationopeus, taulukko 23) 80 km/h:iin tunnissa? Kysymys on mielenkiintoinen, sillä liikennevirran keskinopeustiedon yhteydestä liikenneturvallisuuteen on olemassa huomattavan paljon varsin luotettavaa tutkimustietoa. Tällöin olisi mahdollista rakentaa kompensaationopeuden kautta yhteys renkaiden fysikaalisten ominaisuuksien (jarrutusmatka) ja liikenneturvallisuuden välille. Valitettavasti vastaus kysymykseen on kuitenkin TODENNÄKÖISESTI EI. Liikennevirran keskinopeuden muutoksen turvallisuusvaikutuksia koskevat tutkimukset on pääosin tehty kesäkeleillä, eikä niitä voi varauksetta yleistää koskemaan äärimmäisiä talvikeliolosuhteita.

Mainittakoon kuitenkin, että yksi suosituimmista malleista liikennevirran keskinopeuden ja liikenneturvallisuuden välille on Nilssonin (2004) kehittämä potenssimalli, jota Elvik ym. (2004) ovat edelleen tarkentaneet. Mallin mukaan keskinopeuden muutoksen vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärään voidaan laskea kaavasta

$$(2) \quad \frac{\text{lukumäärä}_{\text{jälkeen}}}{\text{lukumäärä}_{\text{ennen}}} = \left(\frac{\text{nopeus}_{\text{jälkeen}}}{\text{nopeus}_{\text{ennen}}} \right)^{2.0}$$

Käytettäessä kaavaa vakavasti loukkaantuneiden ja kuolleiden lukumäärän laskemiseen eksponentti on 3,0. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien lukumäärää vastaava eksponentti on 3,6 ja onnettomuuksissa kuolleille vastaavasti 4,5 (Elvik ym. 2004).

Tämän tutkimuksen yhteydessä tehtiin kokeellinen laskelma siitä millaisiin tuloksiin päästään, jos tätä Nilssonin kaavaa käytettäisiin *vastoin alkuperäistä käyttötarkoitusta* kompensaationopeuslaskelmissa esitettyihin nopeusmuutoksiin. Koska laskelma oli hyvin kokeellinen, ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi varata tässä raportissa laskelman käsittelylle enempää tilaa. Voidaan kuitenkin todeta, että koelaskelmien mukaan tilanteessa, jossa a) kitkarengaskuljettaja ei omaehtoisesti sopeuta nopeuttaan liukkailla keleillä nastarengaskuljettajaa enempää ja jossa b) Nilssonin kaavaa sovelletaan vastoin alkuperäistä käyttötarkoitusta kompensaationopeuksiin:

- nastarengaan turvallisuushyöty Uudellamaalla on hvj-onnettomuuksilla mitattuna 2 % ja liikennekuolemien mitattuna 5 % kitkarengaseseen nähden, kun laskelman pohjana on Uudenmaan kelijakauma 1.12.-31.3 välillä.

- vastaavasti koko Suomen lukemat ovat 5 % ja 11 %, kun laskelman pohjana on koko Suomen kelijakauma 1.12.-31.3.

Vaikka tällä laskelmalla ei ole lainkaan tieteellistä painoarvoa, ajatusmallina se saattaa olla sellainen, että sitä edelleen jalostamalla voidaan myös saavuttaa tieteellisesti uskottava hypoteesi rengasominaisuuksien ja liikenneturvallisuuden välille. Tämän tutkimuksen tekijä jättääkin mallin jatkokehittelyn asiasta kiinnostuneiden tutkijoiden edelleen selvitettäväksi.

9. Tutkimustulosten suhde hallinnolliseen päätöksentekoon

Tämän selvityksen yhtenä tavoitteena oli myös arvioida lyhyesti, miten nastarenkaiden vähentämiseen liittyviä tutkimustuloksia on käytetty eri maissa hyväksi siinä hallinnollisessa päätöksenteossa, jonka yhteydessä on päätetty nastarenkaisiin liittyvistä rajoittamistoimista.

Tämän tutkimuksen tekijä osallistui helmikuussa 2011 matkalle, jossa käytiin tutustumassa Tukholman ja Oslon liikenteeseen nastarenkaiden rajoittamisen jälkeen. Tässä yhteydessä keskusteltiin sekä Tukholman että Oslon virkamiesten kanssa. Keskusteluista välittyi vahvasti sellainen kuva, etteivät virkamiehet olleet tutustuneet kovin syvällisesti nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutuksia koskeviin erilaisiin tutkimustuloksiin. Heille nastarenkaiden vähentämisen syyksi tuntui riittävän lähinnä se, että ilmanlaatua oli parannettava.

Oslon viranomaisia lähestyttiin matkan jälkeen vielä sähköpostitse ja heiltä tivattiin edelleen tutustumismatkan aikana auki jääneistä kysymyksistä mm. seuraavasti:

- Nastojen vaikutukset ovat hyvin moninaisia: ne vaikuttavat liikenneturvallisuuteen, ilman laatuun, ajonopeuksiin tietyissä olosuhteissa, päälysteen kulumiseen, jään karhentumiseen, lumi- ja jääpolanteen kulumisnopeuteen, meluun ja jopa jalankulkijoiden turvallisuuteen. Emme ole nähneet ainuttakaan norjalaista tutkimusta, jossa tätä kokonaisuutta olisi tarkasteltu. Miten olette pystyneet tästä huolimatta saamaan kansalaiset ja muut viranomaiset vakuuttuneiksi, että nastojen vähentäminen on Oslolla välttämätöntä?

- Mitkä olivat tässä prosessissa suurimmat haasteet ja vaikeudet, mitkä askeleet olivat vaikeimpia ottaa?

- Voitteko jotenkin kuvata tätä prosessia, matkaa hyväksynnän saamisesta aina ensimmäisiin päiviin, kun nastarengasmaksuja kerättiin?

Arne Sørlie, "Senior advisor" Norjan kaupungin ympäristötoimistosta kuittasi ensimmäisen kysymyksen sillä, että pelkät ympäristökysymykset riittävät politiikan perusteeksi, ei tarvita laajempia tutkimuksia. Hän myös totesi, että mitä vastustajiin tulee, niin aina on olemassa niitä, jotka väittävät, etteivät tule toimeen ilman nastarenkaita. Heille Sørlie sanoo, että he toki saavat jatkossakin käyttää nastarenkaita, kun vain maksavat nastarengasmaksun, joka on Sørlien mielestä varsin kohtuullinen (4 €/ päivä, 50 €/kk, 150 €/talvi). Tarkemmin vuosituhanen vaihteen prosessia Sørlie ei tuntenut, eikä Oslon ympäristötoimistossa ole juuri enää niitä ihmisiä töissä, jotka aikanaan olivat asiaa läpi viemässä. Sørlie ei myöskään löytänyt mitään vuosituhanen vaihteen asiakirjoja, joissa asiaa olisi tarkemmin kuvattu.

Tämän sähköpostikeskustelun yhteydessä Pål Rosland (Rosland 2012) Norjan tiehallinnosta lähetti tämän tutkimuksen tekijälle kaksi Norjan Tiehallinnon nimissä Norjan Liikenneministerille syksyllä 2011 lähetettyä kirjettä. Rosland uskoi kirjeiden osaltaan selventävän viranomaisten asenteita (Statens Vegvesen A ja B 2011). Kirjeissä toivottiin nastarengassäännöksiä kiristettävän seuraavasti:

- Lyhennetään nastarenkaiden sallittua käyttöaikaa Etelä-Norjassa 31.3.:een asti, mutta jatketaan Pohjois-Norjassa 30.4. asti kuten nykyään.

- Nostetaan nastarengasmaksuja muutamalla prosentilla ja lisäksi säädetään huhtikuun käytölle oma maksu

- Nostetaan niiden sakkoa, jotka ajavat nastarenkailla maksamatta
- Nostetaan sakkoa nastarenkaiden luvattomasta käytöstä nastarengaskauden ulkopuolella

Näiden vaatimusten ohessa perusteltiin myös nykyistä nastatonta politiikkaa. Liikenneturvallisuudesta todettiin, että tutkimusten mukaan kitkarenkailla ajavan onnettomuusriski kasvaa lumisella tai jäisellä tien pinnalla 2 - 4% nastarenkaiden käyttäjään verrattuna. Tämän perään todettiin kuitenkin välittömästi, että turvallisuuseron voi kompensoida ajamalla kitkarenkailla hiljempaa.

Vaikka haastatellut viranomaiset eivät kysyneet löytämään vuosituhannen vaihteen politiikan sisäänajovaiheen perusteluja, Liikenneturvallisuuden käsikirjassa Rune Elvik (Elvik ym. 2009) esittää Oslon osalta suppean kustannushyötylaskelman, joka pohjautuu vuoden 2000 tutkimustietoihin:

- Henkilövahinkoon johtaneet onnettomuudet lisääntyvät 8-9% => vaikutus 20 miljoonaa NOK/vuosi
- Matka-ajat lisääntyvät 1 % => vaikutus 33 miljoonaa NOK/ vuosi
- Ilman laadun paranemisesta johtuvat terveystaloudelliset menot laskevat 235-658 miljoonaa NOK/vuosi

Näiden laskelmien pohjalta Elvik katsoo, että hyödyt ovat huomattavasti haittoja suuremmat. Elvik ei ottanut laskelmiin mukaan tehostetun talvihoidon kustannuksia eikä toisaalta teiden päällystystarpeen vähenemisestä aiheutuvia kustannussäästöjä.

Hokkaidon saarella 1993 vierailut suomalaisdelegaatio raportoi, että Hokkaidossa nastarenkaiden rajoittamistoimiin ryhdyttiin sen jälkeen, kun viranomaiset olivat katsoneet uusien kitkarenkaiden kehittyneen tasolle, joka takaisi riittävän pidon talvikeleillä (luku 4.1). Motoki Asano Hokkaidon tie- ja vesirakennuksen tutkimuslaitokselta (Civil Engineering Research Institute of Hokkaido) on esittänyt erään mallin Hokkaidon toimenpiteiden kokonaisvaikutuksista (Asano 2005). Tämäkään malli ei kuitenkaan ota huomioon kaikkia mahdollisia vaikutuksia (taulukko 26).

Taulukko 26. Nastarenkaiden vähentämisen vaikutuksia Hokkaidolla liikenteen ja ympäristön osalta (Asano 2005)

				(million JPN yen/year)								
				AUTHORITIES		TRAVELERS	PEDESTRIANS	RESIDENTS	TOTAL			
				NATIONAL	LOCAL							
DIRECT EFFECTS	INDIRECT EFFECTS	PUBLIC SECTOR	REGIONAL/ROUTE COMMUNITY	TRAVELERS	THE ENV.	Increased Travel Times			-11,133		-11,133	
						Increased Travel Costs (fuel costs)			-43		-43	
						Increased Travel Costs (tire costs)			-5,850		-5,850	
						Increased Traffic Accidents			-687*		-687	
						Improved Driving Comfortability					0	
						Deteriorated Driving Safety & Comfortability					0	
						Increased NOx Emissions				-48*	-48	
						Reduced Noise				446*	446	
						Reduced Dust (Improved Urban Landscape)				1,461*	1,461	
						Improved Ecosystem					0	
	Increased CO ² Emissions					0						
	Decreased Opportunities for Life & Interaction					0						
	Deteriorated Public Services					0						
	Stabilized Population					0						
	National Taxes (benzine tax)	37	-37			0						
	Winter Maintenance Costs	129	22			151						
	Snow-Removal Costs	-335	-647			-982						
	TOTAL						-169	-625	-17,750	0	1,859	-16,685

10. Yhteenveto ja johtopäätökset

Arvioitaessa nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroja sekä nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutuksia kohdataan hyvin moniulotteinen renkaiden turvallisuusvaikutuksiin liittyvä kokonaisuus, johon liittyy hyvin erilaisia seurannaisvaikutuksia.

10.1 Nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroon vaikuttavia tekijöitä

10.1.1 Nasta- ja kitkarenkaiden vaikutus ajoneuvon käyttäytymiseen

Eri tutkimusten valossa voidaan täysin kiistatta todeta, että kitkarenkaiden pitokyky liukkaissa, erityisesti jäisillä tien pinnoilla on merkittävästi nastarengasta heikompi. Lisäksi nasta- ja kitkarenkaiden suorituskyvyn välillä on havaittu seuraavia eroja, joiden merkittävyydestä ei kuitenkaan olla aivan yksimielisiä:

- kitkarenkaiden katsotaan olevan rakenteeltaan keskimäärin nastarenkaita hieman joustavampia/veltompia, joten kitkarenkaiden väistökyky ja ohjautuvuus saattavat olla kaikissa olosuhteissa hieman nastarenkaita heikompia

- tutkimustulokset käyttöiän vaikutuksesta nasta- ja kitkarenkaiden pitokykyyn vaihtelevat. Nordströmin (2004) mukaan käytettyjen kitkarenkaiden pitokyky erityisesti märällä jäällä heikenee merkittävästi nopeammin käyttöiän funktiona kuin vastaavan nastarenkkaan. Toisaalta Tekniikan Maailman talvirengastestissä 2010 havaittiin, että käytetyllä kitkarenkaalla saavutettiin lyhyempi jarrutusmatka nastarenkaaseen verrattuna niin sileällä jäällä kuin lumipolanteella. Tulosta perusteltiin sillä, että kun käytetyssä nastarenkaassa nastojen teho on enää olematon, voittaa kitkarenkaan pintakuvion pito nastarenkkaan vastaavan. Oleellista lienee siis nastojen kunto. Saattoi hyvin olla mahdollista, että Nordströmin tutkimuksessa käytetyn nastarenkkaan nastojen kunto (nastoitus) oli suhteessa parempi kuin TM:n tutkimuksessa.

Eräissä lähteissä on tuotu esiin näkemyksiä, joiden mukaan nasta- ja kitkarenkaiden väliset tekniset ja fysikaaliset erot olisivat kaventuneet. Kuitenkaan esim. rengastestien tulosten perusteella merkittävää kaventumista ei ole havaittavissa. Sen sijaan kaksi autotekniikan merkittävää kehityskaskelta ovat mitä ilmeisimmin kaventaneet kitka- ja nastarenkaiden suorituskkyeroa:

- talvirengastestien asiantuntijoiden mukaan lukkiutumattomat jarrut (ABS) lyhensivät suhteellisesti enemmän kitkarenkaiden kuin nastarenkaiden jarrutusmatkoja liukkaissa olosuhteissa

- nykyisten ajonvakautusjärjestelmien (ESC) on katsottu parantavan niin merkittävästi autojen hallittavuutta, että Ruotsin Trafikverket suosittelee kitkarenkaiden käyttöä ajoneuvoissa, joissa on ESC. Tämä ei tietysti edelleenkään välttämättä tarkoita sitä, että kitkarenkaiden turvallisuus olisi noussut nastarenkaiden tasolle, vaan pikemminkin sitä, että ESC:llä varustetuissa autoissa turvallisuustilanne on jo niin hyvä, että nastarenkaiden ympäristöhaitat painavat enemmän kuin niiden turvallisuushyödyt.

Renkaiden fysikaalisiin ominaisuuksiin liittyy myös se ilmeinen fakta, että käytetty kitkarengas on kesärenkaana heikompi kuin vastaavasti käytetty kesärenkas (Antila 2006B). Tämä seikka on merkityksellinen, koska kitkarenkaat mahdollisesti yleistyessä niiden käyttö kesärenkaina tulee todennäköisesti lisääntymään.

Tutkimusten mukaan sillä, käyttääkö kuljettaja pohjoismaista vai keskieurooppalaista kitkarengasta on jopa suurempi turvallisuusmerkitys kuin sillä, käytetäänkö nasta- vai kitkarengasta. VTI mukaan nastarenkaan onnettomuusvaikutus on pohjoismaiseen kitkarenkaaseen nähden -13 %, mutta keskieurooppalaiseen kitkarenkaaseen nähden peräti -33 % (Öberg ja Möller 2009). Tekniikan Maailman talvirengastutkimuksessa oli vuonna 2008 mukana kitkarenkaaksi luokiteltu uusi keski-eurooppalainen rengas, jonka pito-ominaisuudet talvikelillä olivat korkeintaan kesärenkaan tasoa (Antila 2008).

10.1.2 Liikennekäyttäytyminen kitka- ja nastarenkailla

Jos nastarenkaiden käyttäjä vaihtaa kitkarenkaksiin, hänen liikennekäyttäytymisensä voi muuttua kahdella eri tavalla: a) hän voi ajaa kitkarenkailla eri tavalla kuin nastarenkailla ja b) hän voi tehdä kitkarenkaiden käyttäjänä matkallälähtöpäätöksen eri tavoin kuin nastarenkaiden käyttäjänä.

Kitkarenkaiden vaikutusta kuljettajan ajonopeuteen on tarkasteltu useassa eri tutkimuksessa ja tulokset ovat olleet keskenään jossain määrin ristiriitaisia: joidenkin tutkimusten mukaan kitkarenkaiden käyttäjät ajavat talvikeleillä hitaammin kuin nastarenkaiden käyttäjät, joidenkin tutkimusten mukaan nopeammin ja joidenkin tutkimusten mukaan käyttäjäryhmien välillä ei ole eroa. Ehkä uskottavimman selityksen ilmiölle antaa VTT:n vuoden 1994 tutkimus (Mäkinen ym. 1994). Sen mukaan uusien kitkarengaskuljettajien ajonopeudet ensimmäisenä kitkarengastalvena nousivat hyvissä ajo-olosuhteissa ja moottoriteillä. Kuitenkin jyrkissä kaarteissa kitkarenkain ajettiin varovaisemmin kuin nastoin. Lisäksi liukkaissa olosuhteissa kitkarenkaiden käyttäjät jarruttivat pehmeämmin kuin nastarenkaita käyttäneet. Toisena talvena kitkarengaskuljettajien ajonopeudet palasivat pääosin samalle tasolle kuin alkutilanteessa nastarenkailla. Ainoastaan jyrkissä kaarteissa kitkarenkaiden käyttäjät ajoivat varovaisemmin kuin nastarenkaiden käyttäjät.

Uskottavimmin kitkarengas-kuljettajat sopeuttavat jonkin verran nopeuksiaan talvikeleillä erityisesti kaarteissa, mutta sopeutus ei todennäköisesti kokonaan kata rengasominaisuuksien eroista syntyvää riskitason nousua. Lisäksi on otettava huomioon, että erityisesti vilkkailla teillä tällainen "yksittäiskäyttäytyminen" voi olla haastavaa. Lisäksi eri tutkimuksissa on todettu, että kuljettajat tunnistavat kelin liukkauden usein huonosti (Heinijoki 1994) ja että vakavat talvikelionnettomuudet tapahtuvat usein tilanteissa, joissa onnettomuuspaikan keli on poikennut tulosuunnan kelistä (Malmivuo ym. 2000).

Elvik (1999) on tuonut esille, että etenkin Japanin nastarengasrajoitusten yhteydessä on havaittu, että rajoitukset ovat johtaneet talviajan liikennesuorituksen selvään laskuun. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että huonoilla talvikeleillä monet ihmiset eivät lähde lainkaan liikkeelle kitkarenkain varustetuilla autoilla. Elvik on huomauttanut, että tämä nastarengasrajoitusten liikenneturvallisuusvaikutus on useissa ilmiötä koskevissa tutkimuksissa täysin sivuutettu.

Nasta- ja kitkarengaskuljettajien liikennekäyttäytymiseroja tarkastelevissa tutkimuksissa erityisenä haasteena on se, että tänään liikenteessä olevat kitka- ja nastarengaskuljettajat eivät ole taustatekijöiltään homogeenisia. Tämä tulisi ottaa käyttäytymis- ja liikenneturvallisuusanalyysissä huomioon.

10.1.3 Nasta- ja kitkarenkaiden käytön seurannaisvaikutukset liikenneturvallisuuteen

Nasta- ja kitkarenkailla on paitsi suoria yksilötason valintaan liittyviä turvallisuusvaikutuksia, myös merkittäviä seurannaisvaikutuksia olosuhteissa, joissa kitkarenkaita käyttävien autoilijoiden osuus merkittävästi nousee. Näihin seurannaisvaikutuksiin lukeutuu:

- nastarenkaiden vähentynyt vaikutus jään karheutumiseen, joka japanilaisten mukaan johtaa 30-40 % kitkarengasasteella tien pinnan voimakkaaseen kiillottumiseen ja liukastumiseen (Asano ym. 2000)
- nastarenkaiden vähentynyt vaikutus lumi- ja jääpolanteen poiskulumiseen (Anila ja Kallberg 1994)
- nastarenkaiden vähentynyt vaikutus kestopäällysteen karhentumiseen, joka vaikuttaa erityisesti kestopäällysteen märkäpito-ominaisuuksiin kesäolosuhteissa (Jacobson ja Hjort 2008)
- kevyen liikenteen onnettomuuksien kasvu, joka johtuu lähinnä kadunylityskohtien mahdollisesta kiillottumisesta sekä kevyen liikenteen määrän kasvusta juuri vaikeissa talvikeliolosuhteissa (vaikeissa keliolosuhteissa kitkarengasautoilijat siirtyvät julkisen liikenteen käyttäjiksi) (Hosotani 2007)

Tämän tutkimuksen yhteydessä ei kuitenkaan löytynyt ainoatakaan lähdettä, jossa olisi erikseen arvioitu näiden seurannaisvaikutusten suuruutta suhteessa kitkarengasasteeseen.

Lisäksi negatiivisena seurannaisvaikutuksena voi mainita edellä todetun kitkarengasautoilijoiden määrän lisääntymisen kesällä. Toisaalta tätä negatiivista liikenneturvallisuusvaikutusta voi myös kompensoida se, että kitkarenkaat ovat kesärenkaita turvallisempia loka- ja huhtikuun liukkailla silloin, kun nastarenkaita ei vielä/enää voi käyttää.

10.2 Nasta- ja kitkarenkaiden liikenneturvallisuuserot

Eri tutkimusten arviot nasta- tai kitkarenkaiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen vaihtelevat huomattavan paljon. Suurin osa arvioista on kuitenkin suuruusluokaltaan sellaisia, että nastarenkaat vähentävät talvikeleillä onnettomuuksia keskimäärin muutamia prosentteja, mutta jääkeleillä noin 10 %. Myös näistä arvioista huomattavastikin poikkeavia arvioita on esitetty. Roine (1999) arvioi nastarenkaiden turvallisuusvaikutukseksi talvikaudella 40% ja Strandroth ym. (2011) talvikeleillä 42 %. Näin suuriin turvallisuusvaikutuksiin on kuitenkin huomattavan vaikea nykyisten onnettomuustilastojen varjossa uskoa.

Mainittakoon lisäksi, että tässä tutkimuksessa tehty nasta- ja kitkarenkaiden jarrutusominaisuuksia ja Suomen maanteiden kitkatasoja käsitellyt kokeellinen analyysi puoltaa näkemystä siitä, että sellaiset talvikelit, joissa renkaiden suorituskykyero on suuri, ovat verraten harvinaisia.

10.3 Helsingin kantakaupungin nastarengassäädösten vaikutus muun Suomen kitkarengasasteeseen

Tässä tutkimuksessa on yritetty arvioida Helsingin kantakaupungin nastarengassäädösten vaikutusta muun Suomen kitkarengasasteeseen kahdella mallilla, jotka nimettiin Liikennevirtamalliksi ja Norjan malliksi. Liikennevirtamallissa yritettiin henkilöliikennetutkimusten ja erilaisten tilastojen kautta arvioida:

- sen Helsingin ulkopuolisen Uudenmaan maakunnan liikennesuoritteiden osuutta, jolla olisi välitön tarve liikkua omalla autolla Helsingin kantakaupungissa
- Uudenmaalta kotoisin olevan henkilöautoliikenteen osuutta muun Suomen liikennesuoritteesta

Liikennevirtamallin laadintaa vaikeutti sekä tarvittavan tilastotiedon puute, että käytettävissä olevat resurssit, sillä perusteellisten arvioiden tekemistä varten liikennevirtamalliin olisi pitänyt käyttää moninkertaisesti enemmän aikaa. Lisäksi laskelmia vaikeuttivat monet määrittelykysymykset, mm. kysymys siitä, kuinka usein tietyn henkilön tulisi talvikaudella käydä omalla autolla kantakaupungissa, jotta hänellä voisi katsoa olevan tarvetta kitkarenkaiden vaihtoon nastarengassäädösten vuoksi. Liikennevirtamallin keskeinen tulos oli kuitenkin se, että mikäli kantakaupungin nastarengassäädösten vuoksi kitkarenkaisiin vaihdetaan vain siksi, että tarve päästä omalla autolla kantakaupunkiin on suuri, jää nastarengassäädösten vaikutus muun Suomen kitkarengasasteeseen melko vähäiseksi. Silloin kitkarengasasteen nosto kantakaupungissa 24 prosenttiyksiköllä nostaisi muualla Uudenmaalla kitkarengasastetta vain muutaman prosentin ja muualla Suomessa korkeintaan prosentin. Liikennevirtamalliin liittyi kuitenkin huomattavia epävarmuustekijöitä.

Ns. Norjan mallissa tarkasteltiin Suomen kitkarengasasteen muutoksia tilanteessa, joissa kitkarengasaste muuttuisi Suomessa kantakaupungin ulkopuolella kuten Norjassa Oslon ympäristössä. Näiden laskelmien mukaan kitkarengasasteen nosto kantakaupungissa 24 prosenttiyksiköllä nostaisi muualla Uudenmaalla kitkarengasastetta noin 17 % ja muualla Suomessa noin 10 %. Mallien perusteella voitiinkin todeta, että Norjassa kitkarenkaiden käyttö perustuu todennäköisesti enemmän yleiseen asennemuutokseen kuin tarpeella käydä kaupungissa, jossa kitkarenkaiden käyttöä on rajoitettu.

10.4 Nastarenkaiden vähentämisen vaikutus liikenneturvallisuuteen

Tutkimuksen varsinaiset liikenneturvallisuusarviot perustuivat siihen, että yhdistettiin kitkarenkaiden käyttöasteita koskevien mallien (Liikennevirtamalli ja Norjan malli) tiedot kitkarenkaiden liikenneturvallisuusvaikutuksia käsitelleisiin malleihin. Liikenneturvallisuusvaikutuksia käsittelevät mallit olivat ns. "Elvikin ja Kaminskan malli" ja "Kelimalli". Elvikin ja Kaminskan malli perustui em. tutkijoiden luomaan kaavaan siitä, miten talvikauden onnettomuudet ovat Norjassa lisääntyneet suhteessa nastarengasosuuden laskuun. Kelimallissa käytettiin hyväksi eri tutkimuksissa esitettyjä arvioita nastarenkaiden turvallisuusvaikutuksista eri keleillä.

Laskelmien mukaan Helsingin kantakaupungin kitkarengasosuuden kaksinkertaistaminen (24 % -> 48 %) lisää talvirengaskauden tilastoituja hvj-onnettomuuksia alle 10 kpl koko maassa (lähtötaso koko maassa 2200 kpl), jos kitkarenkaisiin siirtyvät löytyvät vain siitä joukosta, jolla on välitön tarve päästä omalla autolla kantakaupunkiin (lähtöoletuksena on, että koska kyseessä ei ole nastarenkaiden täyskielto, ei kitkarenkaiden suosio

saavuta 100 % myöskään niiden ulkopaikkakuntalaisten joukossa, joilla on välitön tarve päästä kantakaupunkiin).

Mikäli kantakaupungin nastarengasrajoituksiin sisältyy Norjan mallin mukainen yleinen kitkarenkaita suosiva asennemuutos, tilastoidut hvj- onnettomuudet voivat lisääntyä koko maassa jopa 70-80 kappaleella. Edelleen on muistutettava, että koska eräät sinänsä tieteellisesti pätevät tutkimukset ovat osoittaneet huomattavasti valtavirrasta poikkeavia, huomattavan suuria turvallisuuseroja rengastyypin välille, voidaan arvioida muutaman prosentin todennäköisyys sille, että lisäys hvj-onnettomuuksiin olisi kertaluokkaa suurempi, eli jopa muutamia satoja. Lisäksi on syytä todeta, että poliisin tilastoimat hvj-onnettomuudet edustavat alle viidesosaa todellisista hvj-onnettomuuksista (Räty 2000).

10.5 Toimenpiteitä, joilla nastarengasrajoitusten liikenneturvallisuusvaikutuksia voidaan minimoida

Nastarengasrajoitusten liikenneturvallisuusvaikutusten minimoimiseksi voidaan osoittaa useita eri toimenpiteitä:

- Kannustetaan kitkarenkaisiin siirtyviä ihmisiä käyttämään pohjoismaisia kitkarenkaita tai kielletään kokonaan Keski-Euroopan kitkarenkaiden käyttö talvirenkaina Suomessa. *Mahdollisesti voidaan myös säätää nastarengasmaksut koskemaan sekä nastarengasautoilijoita että keski-eurooppalaisten kitkarenkaiden käyttäjiä.*
- Korostetaan julkisuudessa, että vain niiden ihmisten tulisi vaihtaa kitkarenkaisiin, joilla on ehdoton tarve päästä henkilöautolla Helsingin kantakaupunkiin
- Korostetaan ennakoivan ajon merkitystä sekä valmiutta siirtyä julkisen liikenteen käyttäjäksi vaikeimmissa keliolosuhteissa
- Etenkin edellä mainitussa tapauksessa kannustetaan jalankulkijoita käyttämään liukuesteita ja polkupyöräilijöitä nastarenkaita (lisäksi edelleen kannustetaan heijastimien ja pyöräilykypärän käyttöön)
- Kannustetaan ihmisiä vaihtamaan kitkarenkaita riittävän usein
- Tehostetaan talvihoitoa, maanteillä harkitaan Ib-hoitoluokan teiden kitkarajan nostoa sekä panostetaan vilkkaiden kaksikaistaisten I-luokan teiden talvihoitoon. Talvihoitoon panostaminen voidaan myös toteuttaa valvontaa tehostamalla niin, että laadunallisuuden määrä vähenisi.
- Pohditaan myös vilkkaiden kaksikaistaisten I-luokan teiden rakenteellisia uudistuksia (mm. keskikaiteet) Etelä-Suomessa
- Rajataan kitkarenkaiden käyttöaika esim. 1.10. - 30.4. Muuna aikana käytettävä kesärenkaita.

Koska Helsingin kantakaupungissa haluttaisiin vähentää nastarenkaiden käyttöä ilmanlaadun vuoksi, tulee myös muistaa, että nastarenkaiden aiheuttamien ilmanlaatuongelmien vähentämiseksi on myös olemassa muita keinoja kuin nastarenkaiden käytön rajoittaminen. Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. henkilöautoliikenteen vähentäminen keskustassa tai päällysteen valinta.

10.6 Jatkotutkimusaiheita

Esitetään seuraavia jatkotutkimusaiheita:

Tutkijalautakunta-aineistoon pohjautuva onnettomuus selvitys

Suomessa renkaiden tyyppi kirjataan ylös vain tutkijalautakuntien tutkimissa kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa. Tätä aineistoa on Suomessa jonkin verran tutkittu talvi- ja nastarenkaiden turvallisuuseroja arvioitaessa, mutta seuraavat kysymykset ovat edelleen jossain määrin avoimia:

- miten rengasominaisuuksien rooli eroaa kitka- ja nastarenkain ajetuissa onnettomuuksissa? Koska on pohdittu sitä, kuinka kategorisesti tutkijalautakunnat kirjaavat kitkarenkaat keliin sopimattomiksi renkaiksi, tulisi aineistoa käydä tietyiltä osin tapausselostuksia myöden läpi.
- eroavatko onnettomuuden aiheuttaneet kitkarengaskuljettajat ajokokemukseltaan ja taustatekijöiltään nastarengaskuljettajista?
- voidaanko kesäajalta osoittaa sellaisia kitkarenkailla ajettuja onnettomuuksia, joissa rengasominaisuudet olisivat olleet keskeisessä osassa?

Suureen puhelinhaastatteluun tai postikyselyyn perustuva onnettomuus selvitys

Haastatellaan Roineen (1994) mallin mukaisesti sekä satunnaisesti valittuja että onnettomuustietokantojen perusteella valittuja onnettomuuskuljettajia. Kysellään tietoja renkaiden käytöstä ja onnettomuuksista ja laaditaan niiden perusteella malli eri rengastyypin onnettomuusriskeistä erilaisissa keliolosuhteissa. Tutkimus vaatii usean tuhannen vastauksen aineiston.

Pääkaupunkiseudulla asuvien ajama liikennesuorite

Mikäli halutaan laajemmin selvittää Helsingin keskustan kitkarengasrajoitusten vaikutuksia koko Suomen kitkarengasosuuksiin, voisi esim. opinnäytetyönä tehdä otoksia, jossa kirjataan ylös eri puolella pääkaupunkiseutua ja eri puolilla Suomea liikkuvien henkilö- ja pakettiautojen rekisteritunnuksia. Kun tämä tieto yhdistetään Trafin rekisteritietojärjestelmään, saataisiin kuvaa pääkaupunkiseudulla asuvien matkoista muualle Suomeen. Mainittakoon, että tämän selvityksen yhteydessä tiedusteltiin mahdollisuutta hyväksikäyttää liikenneviraston Digitrafficin matka-aikatietopalvelua, jossa automaattisen rekisterinumerotunnistuksen avulla seurataan pääteiden matka-aikoja. Saadun tiedon mukaan järjestelmä on kuitenkin tietoturvasyistä rakennettu niin, ettei siitä ole mahdollisuutta saada ulos rekisterinumerotietoja.

Mainittakoon lisäksi, että tämän tutkimuksen yhteydessä on selvitetty mahdollisuuksia saada rengastieto mukaan poliisin tai vakuutusyhtiöiden kirjaamiin onnettomuuksiin, jotta jatkossa erityyppisten talvirenkaiden turvallisuusvaikutuksia voitaisiin tarkastella tutkijalautakuntien tutkimia kuolemaan johtaneita onnettomuuksia laajempaa onnettomuustietokantaa hyväksi käyttäen. Poliisihallinnon (Heikki Ihalainen) mukaan poliisin nykyiseen rikosilmoitusjärjestelmään PATJAAN ei voida tällä hetkellä lisätä rengastyypin vaatimia lisäkenttiä (Ihalainen 5.10.2011). Rengastyypin kirjaaminen PATJAN ulkopuolellakin osoittautui mahdottomaksi. Myöskään Helsingin poliisi ei ollut valmis tällaisiin paikallisiin muutoksiin (Pasterstein 5.12.2011).

Lisäksi tutkittiin sitä, voisivatko vakuutusyhtiöiden alaiset vahinkotarkastajat lisätä rengastiedon onnettomuusilmoituksiin. Vakuutusyhtiöistä ainoastaan Tapiola-yhtiöt olivat valmiit keskustelemaan asiasta. Tapiola-yhtiön edustajien kanssa käydyssä palaverissa selvisi, että vahinkotarkastajien käyttämässä sähköisessä vahinkotarkastuskaavakkeessa on renkaan tyyppiä koskeva kohta, mutta tieto on varsin huonosti täytetty (Alaviiri ja Sarkkinen 26.10.2011). Lisäksi tiedon epäluotettavuutta lisäsi se, että rengastyypin valitaan alavetovalikosta, jossa on oletusarvona "kesä", sekä muina vaihtoehtoina "talvi" ja "nasta". Vakuutusyhtiön edustajien mukaan "talvi"-vaihtoehdolla tarkoitetaan kitkarengasta. Palaverin seurauksena Tapiola-yhtiön edustajat lupasivat viedä eteenpäin kehitysehdotusta, jonka mukaan rengastyypin oletusarvo olisi "tyhjä" ja vaihtoehtoina olisi "kesä", "kitka" ja "nasta". Edelleen Tapiola-yhtiöiden edustajat katsoivat, että vahinkotarkastuskaavakkeen ja onnettomuusilmoituksen tietoja on vaikea yhdistää. Mikäli vahinkotarkastuslomakkeen rengastyypin tietojen luotettavuutta voidaan lisätä ja tiedot voitaisiin esim. rekisterinumeron perusteella yhdistää vahinko-ilmoitukseen, syntynyttä dataa voitaisiin käyttää hyväksi talvirengastyypin turvallisuusvaikutustarkasteluissa.

11.Lähteet

Alaviiri, Tapani; Sarkkinen, Vesa 26.10.211: Palaveri Tapiola-yhtiöiden palvelujohtaja Tapani Alaviirin ja palvelupäällikkö Vesa Sarkkisen kanssa 26.10.2011.

Anila, Matti; Kallberg, Veli-Pekka 1994: Nastarenkaiden vaikutus polanteen kulumisnopeuteen ja tienpinnan kitkaominaisuuksiin. Talvi ja tieliikenne -projekti. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 26/1994. 28 s. + liitt. 14 s.

Anila, Matti; Alppivuori, Kari 1994: Lumipolanteen kiillottuminen. Talvi- ja tieliikenne -projekti. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 39/1994. 22 s. + liitt. 3 s.

Antila, Jukka; Mäkelä, Timo 2002: Kitkasta on kysymys (talvirengastesti 2002). Tekniikan Maailma n:o 16, s. 62-71.

Antila, Jukka; Mäkelä, Timo 2004: Harkinnan paikka (talvirengastesti 2004). Tekniikan Maailma n:o 16, s. 30-40.

Antila, Jukka 2006A: Näillä kansa ajaa. Tekniikan Maailma n:o 16, s. 38-44.

Antila, Jukka 2006B: Riittääkö pito (talvirengastesti 2006). Tekniikan Maailma n:o 17, s. 40-51.

Antila, Jukka 2008: Turvallisuus ensin (talvirengastesti 2008). Tekniikan Maailma n:o 17, s. 14-25.

Antila, Jukka 2010A: Kahden kerroksen väkeä (talvirengastesti 2010). Tekniikan Maailma n:o 17, s. 12-22.

Antila, Jukka 2011A: Kaikille talvikeleille (talvirengastesti 2011). Tekniikan Maailma n:o 17, s. 14-24.

Antila, Jukka 2011B: Jukka Antilan sähköpostihaastattelu 18.11.2011.

Asano, Motoki; Hirasawa, Masayuki; Oikawa, Shuichi 2000: Recent Situation of Winter Road Management and Traffic Accidents in Hokkaido. Transportation Research Record 1741. Paper No. S00 -0037. Sivut 80-89.

Asano, Motoki 2005: A Study on Program Evaluation of Road Maintenance by Logic Model – in the Case of the Non-Studded-Tire Policy. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. [Verkkodokumentti]. Vol. 6. Sivut 1076-1088.

Carement 2011: Talvihoidon laadunseuranta 1.12.2010 - 31.3.2011. Loppuraportti. Julkaisematon raportti. 41 s.

Elvik, Rune 1999: The effects on accidents of studded tyres and laws banning their use: a meta-analysis of evaluation studies. Accident analysis and prevention 31/1999. Sivut 125-134.

Elvik, R.; Christensen, P.; Amundsen, A.H. 2004: Speed and road accidents: an evaluation of the Power model. TOI Report 740/2004.

Elvik, Rune; Høye, Alena; Vaa, Truls; Sørensen, Michael 2009: The Handbook of Road Safety Measures. Second edition. 1124 s.

Elvik, Rune; Kaminska, Joanna 2011: Effects on accidents of reduced use of studded tyres in Norwegian cities. Analyses based on data for 2002-2009. TØI report 1145/2011. 46 s.

Fridström, Lasse 2000: Piggfrie dekk i de største byene. TØI rapport 493/2000. 40 s.
Heikkinen, Harri 2011: Nastarenkaiden vaikutus päällysteiden kulumiseen taajamanopeuksissa. Kirjallisuustutkimus, luonnos 19.9.2011. 80 s. + liitt. 6 s.

Heinijoki, Heikki 1994: Kelin kokemisen, rengaskunnon ja rengastyypin vaikutus nopeuskäyttäytymiseen. Talvi ja tieliikenne -projekti. Tielaitoksen selvityksiä 19/1994. 99 s. + liitt. 60 s.

Ihalainen, Heikki 5.10.2011: Poliisihallituksen poliisitarkastaja Heikki Ihalaisen sähköpostihaastattelu.

Horto, Sami 2011: HA-renkaiden myynti- ja markkinointipäällikön Sami Horton sähköpostihaastattelu 27.10.2011.

Hosotani, Naohiro 2007: Pedestrian Slip-and-Fall Accidents in Winter in Sapporo. ISCORD 2007 konferenssi. 11 s.

Jacobson, Torbjörn; Hjort, Mattias 2008: Polering av asfaltbeläggning. VTI notat 25-2007.

Lahti, Jouko 2008: Rengasriskit 2000-luvun talvikeleillä. Onnettomuustilastoihin ja yksittäisiin kuolonkolareihin perustuva riskianalyysi. 19 s.

Lahti, Jouko 2011: Sähköpostihaastattelu 14.11.2011.

Liikennevirasto 2011: Tietilasto 2010. Liikenneviraston tilastoja 6/2011.

Luoma, Juha 2011: Keski-Euroopan olosuhteisiin suunniteltujen kitkarenkaiden yleisyys Suomessa. VTT Tiedotteita 2600. 18 s.

Malmivuo, Mikko; Kärki, Otto; Mäkinen, Tapani 2000: Teiden kunnossapidon yhteys liikenneturvallisuuuteen. Tielaitoksen selvityksiä 57/2000. 74 s. + liitt.

Malmivuo, Mikko 2001: Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus 2000. Tiehallinnon selvityksiä 6/2001. 53 s. + liitt. 19 s.

Malmivuo, Mikko & Mäkinen, Tapani 2001: Talvirengastutkimus 2000-2001. Tiehallinnon selvityksiä 34/2001. 36 + 12 s.

Malmivuo, Mikko; Kärki, Otto 2002: Ajokeliin liittyvä riski. Tiehallinnon selvityksiä 39/2002. 65 s. + liitt. 7 s.

Malmivuo, Mikko; Luoma, Juha 2010: Talvirenkaiden kunnon kehittyminen 2001-2010. VTT tiedotteita 2544. [Verkkodokumentti]. 41 + 11 s.

Malmivuo, Mikko 2010B: µTEC-kitkamittarin testaus Testworld Oy:n talvirengastestien yhteydessä Ivalossa keväällä 2010. Luottamuksellinen testiraportti. 27 s. + liitt. 15 s.

Malmivuo, Mikko 2011: Kitkamittareiden vertailututkimus 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 48/2011. 80 s. + liitt. 13 s.

Mäkelä, Timo 1990: Raaputuspelejä (nastarengastesti 1990). Tekniikan Maailma n:o 16, s. 84-89.

Mäkelä, Timo 1990B: Nastaton tulevaisuus (kitkarengastesti 1990). Tekniikan Maailma n:o 17, s. 69-73.

Mäkelä, Timo 1992: Tosi talveen (talvirengastesti 1992). Tekniikan Maailma n:o 15, s. 66-73.

Mäkelä, Timo 1994: Kelillä kuin kelillä (talvirengastesti 1994). Tekniikan Maailma n:o 16, s. 30-37.

Mäkelä, Timo 1996: Uutuuksien jalanjäljillä (talvirengastesti 1996). Tekniikan Maailma n:o 16, s. 62-69.

Mäkelä, Timo 1998: Valinnan edessä (talvirengastesti 1998). Tekniikan Maailma n:o 16, s. 40-48.

Mäkelä, Timo 2000: Muutosten aika (talvirengastesti 2000). Tekniikan Maailma n:o 16, s. 40-52.

Mäkinen, Tapani; Beilinson, Leif; Rathmayer, Rita; Wuolijoki, Arja 1993: Nastarengastestien vaikutus matkoihin ja kuljettajien riskinottoon. Talvi ja tieliikenne -projekti. Tielaitoksen selvityksiä 64/1994. 55 s. + liitt. 12 s.

Nilsson G. 2000: Hastighetsförändringar och trafiksäkerhetseffekter. VTI notat 76.
Nordström, Olle 2004: Nya och begagnade vinterdäcks isfriktion. VTO meddelande 996. 67 s.

Nuutinen, Juha 2011: Sähköpostihaastattelu 25.11.2011.

Pasterstein, Dennis 5.12.2011: Komisario Dennis Pastersteinin sähköpostihaastattelu 5.12.2011.

Prittinen, Paula 2011: Nastarengastestien käyttö Helsingin kantakaupungissa. Kandidaatintyö. 30 s. + liitt. 5 s.

Rajamäki, Riikka 2009: Renkaiden puutteet kuolonkolareissa. VTT tiedotteita 2467. [Verkkodokumentti]. 45 s.

Roine, Matti 1993: Kuljettajakäyttäytyminen kaarre- ja jonoajossa. Talvi ja tieliikenne -projekti. Tielaitoksen selvityksiä 87/1993. 34 s. + liitt. 10 s.

Roine, Matti 1994: Nastarengastestien talvirengastestien käyttäjien onnettomuusriskit. Talvi ja tieliikenne -projekti. Tielaitoksen selvityksiä 69/1994. 49s. + liitt. 13 s.

Räty, Pekka 2000: Tutkimus liikenneonnettomuusrekistereiden edustavuudesta ja peittävyyydestä. Tielaitoksen selvityksiä 38/2000. 34 s. + 8 liitt.

Roine, Matti 1999: Accident risks of car drivers in wintertime traffic. VTT publications 401. 137 s. + liitt. 20 s.

Sainio, Panu 2002: Kitkarengastonnettomuudet 1992-2002. Esiselvitys. Julkaisematon muistio. Teknillisen korkeakoulun autolaboratorio. 9 s.

Strandroth, Johan; Rizzi, Matteo; Olai, Maria; Lie, Anders; Tingvall, Claes 2011: Effekten av dubbdäck i olyckor med dödlig utgång samt nyttan av antisladdsystem. Tiivistelmä ja esitelmäaineisto, 1 s.

Statens vegvesen 2012 A: Videre arbeid med lokal luftkvalitet. Forslag til endring av piggdekkpolitikken. Norjan liikenneministerille lähetetty kirjelmä 18.8.2011. 3 s.

Statens vegvesen 2012 B: Forslag til endringer av dagens piggdekkpolitikk i lys av bedre luftkvalitet. Edelliseen kirjeeseen liittyvää nastattoman politiikan perustelua, päivätty 17.8.2011. 15 s.

Sørli, Arne 2012: Oslon ympäristötoimiston vanhemman virkamiehen Arne Sørlien sähköpostihaastattelu 13.1.2012.

Tielaitos 1993: Kokemuksia Japanin nastattomasta talviliikenteestä. Talvi ja tieliikenne - projekti. Tielaitoksen selvityksiä 66/1993. 36 s. + liitt. 2s.

Tiehallinto 2001: Pääteiden liikennevirrat ja linkkikohtaiset liikenne-ennusteet. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 38/2001.

Wallman, Carl-Gustaf; Åström, Henrik 2001: Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety. A literature review. VTI meddelande 911A. 47 s.

WSP LT-konsultit 2006: Henkilöliikennetutkimus 2004-2005.

Öberg, Gudrun; Möller, Staffan 2009: Hur påverkas trafiksäkerheten om restriktioner av dubbdäcksanvändning införs? Kan en förbättrad vinterväghållning medföra att trafiksäkerhetsnivån bibehålls? VTI rapport 648. 45 s.